ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 JUIN 1950.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Voïslav Michkovitch**, Membre de l'Académie Serbe des Sciences, Directeur de l'Institut d'Astronomie théorique et appliquée de Belgrade, qui assiste à la séance.

ASTRONOMIE. — *Sur la répartition des luminosités stellaires.* Note de MM. **André Danjon** et **Paul Couderc.**

Les magnitudes absolues stellaires M ont-elles une répartition de Laplace-Gauss? Le nombre d'étoiles N(M) présente un maximum *apparent* qui, jusqu'à présent, a glissé vers des magnitudes plus élevées à mesure que les documents s'enrichissaient. Nous montrons qu'autour du Soleil N(M) croît jusqu'à $M_{vis} = 15$ au moins. N(M) ne croît-il pas indéfiniment avec M?

En nos parages, les étoiles contribuent pour plus des 2/3 à la densité totale de la Galaxie.

Depuis 40 ans, les astronomes cherchent comment se distribuent les luminosités dans la population stellaire voisine du Soleil. Mais le mot de *population* et l'existence d'étoiles géantes et d'étoiles dites naines semblent avoir impliqué la croyance à une distribution de Laplace-Gauss, où les types *moyens* seraient les plus nombreux.

La variation rapide des conclusions relatives à la valeur *médiane* des magnitudes absolues caractérise la difficulté du problème et, peut-être, l'inexactitude de l'hypothèse implicite. L'évolution récente, en des sens divers, des idées courantes peut se schématiser ainsi :

1920. Fréquence maximum à $M_{vis} = 7,5$ (Kapteyn).

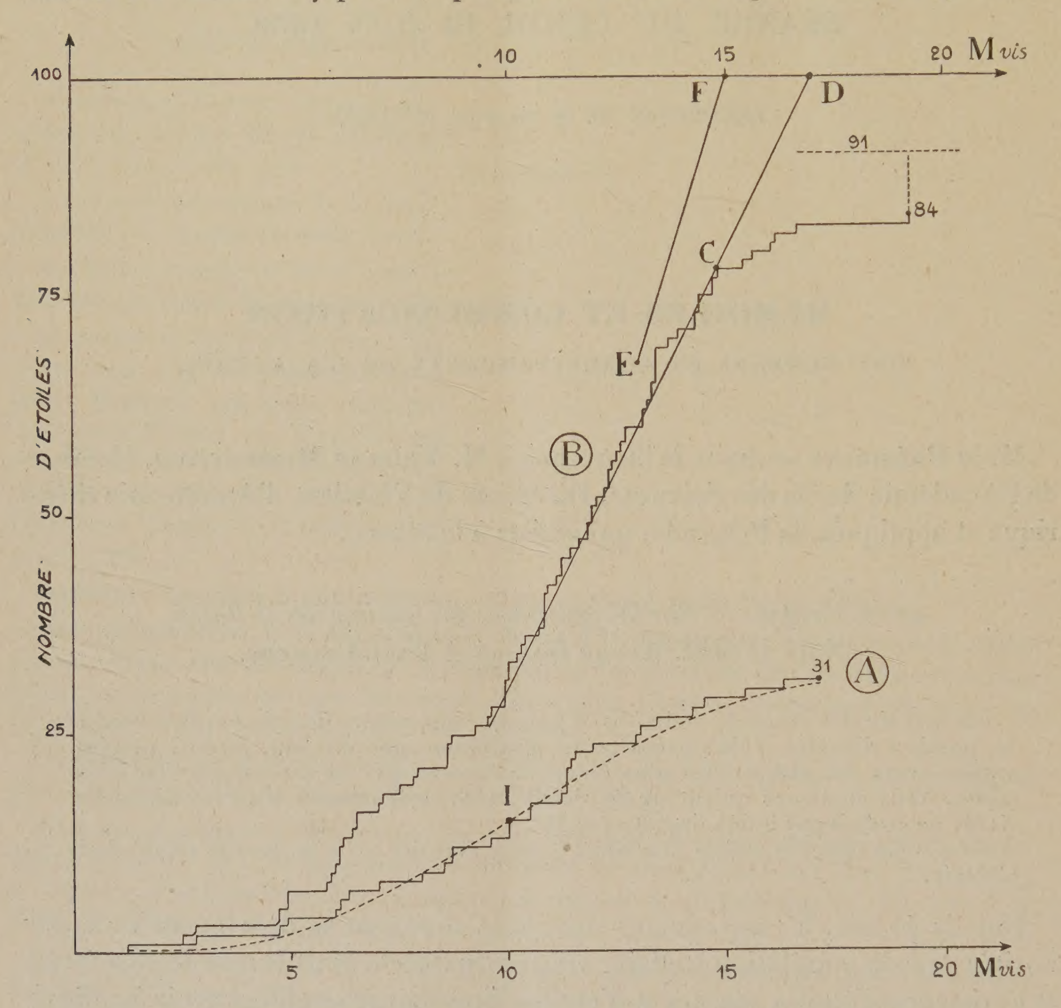
1930. Fréquence croissante jusqu'à $M_{vis} = 14,0$ au moins (Seares). Contestation des résultats de Seares, retour aux conclusions de Kapteyn.

1940. Maximum vers $M_{vis} = 10,0$ (Danjon; *fig.* 1, courbe A).

1942. Maximum vers $M_{vis} = 12,5$ (Kuiper).

1945. Fréquence croissante jusqu'à 12,5 au moins (Van de Kamp).

Considérons une sphère de rayon 5,85 parsecs centrée sur le Soleil. Dans son volume V, nous connaissons 91 étoiles : 84 dont la magnitude absolue visuelle est établie et 7 pour lesquelles elle est encore ignorée. Le diagramme



Diagrammes cumulatifs, suivant les magnitudes absolues visuelles croissantes, des étoiles plus proches que :

4,64 parsecs : courbe A, datant de 1939.

5,85 parsecs : courbe B (1950).

(B concerne un volume double de celui qu'intéressait la courbe A.)

cumulatif de ces astres, selon les magnitudes absolues croissantes, est la ligne brisée B de la figure 1.

Cette ligne brisée B nous semble confirmer et même prolonger les conclusions de Seares (qui furent obtenues de manière toute différente, à l'aide de mouvements propres). Jusqu'à $M_{vis} = 14$ ou même 15, aucune inflexion ni concavité vers le bas ne s'annonce. Pour $M_{vis} > 15$ les documents sont très pauvres. Mais on peut pousser plus loin l'analyse.

Le peuplement en étoiles de l'espace est, en gros, *uniforme* dans le domaine relativement petit où l'on essaie de découvrir la totalité des astres. En effet, les astres très brillants ($M_{vis} \leq 6$), qui n'ont pas échappé aux recherches, sont en nombre proportionnel au volume sondé jusqu'à plus de 10 parsecs.

Cela étant, deux extrapolations peu hasardées sont fort instructives :

a. La sphère dont le volume est $V/2$ ($r = 4,64$ parsecs) est mieux explorée. Nous y connaissons 50 étoiles, de magnitude absolue visuelle inférieure à 17 (à une ou deux exceptions près peut-être, en ce qui concerne les compagnons mal connus). Donc, le volume V doit contenir environ 100 étoiles jusqu'à $M_{vis} = 17$. La ligne brisée se prolongerait suivant CD.

b. La sphère de volume $0,3\,V$ ($r = 3,92$ parsecs) est encore mieux connue; sa population provisoire est de 39 étoiles, dont 30 ont une M_{vis} *établie* inférieure à 15. Si l'on prend cette nouvelle base, le volume V contient au moins 100 étoiles de $M_{vis} < 15$: la ligne brisée se relèvera au moins suivant EF et sa concavité demeurera vers le haut.

Conclusion. — Le diagramme cumulatif a, jusqu'à présent, une allure parabolique dans sa partie *non caduque*, et il n'est pas exclu qu'il conserve cette allure, les corps plus petits s'avérant de plus en plus nombreux.

Pour le moment, des caractères spécifiques fondamentalement dissemblables séparent les catégories *étoile* et *planète*. Mais il se peut que les abondances, du moins, ne connaissent pas de discontinuité, des étoiles aux planètes, puis aux météorites.

Dans ce cas, le paramètre plus général qui permettrait de rassembler en un diagramme unique ces astres divers serait, naturellement, non plus la magnitude absolue, mais la masse. Pour les étoiles, la relation empirique masse-luminosité assure le changement de paramètre.

De toute façon, la somme des masses demeurera limitée et cette limite est connue en nos parages galactiques (Oort : densité spatiale moyenne $6,3.10^{-24}$ g/cm^3, matériaux interstellaires inclus.) Dans le volume intérieur à 3,92 parsecs, la somme des masses des étoiles jusqu'à présent détectées s'élève à 16 fois la masse du Soleil. La densité spatiale moyenne correspondante est $4,3.10^{-24}$ g/cm^3, c'est-à-dire *les* 2/3 *de la limite de Oort*. Le reste consiste en corps de plus en plus nombreux à mesure qu'ils diminuent, dont les masses individuelles deviennent quasi négligeables, la série aboutissant aux matériaux cosmiques diffus.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *La protection de la nature et les parcs-réserves de l'Afrique Occidentale française.* Note de M. **Auguste Chevalier.**

Nous avons indiqué dans des Notes précédentes ([1]) les principales techniques pour lutter contre l'appauvrissement des sols de l'Afrique Occidentale, spécialement dans les zones des steppes et des savanes, dégradation qui est générale et qui va en s'étendant rapidement. Il est un autre point de vue qui a aussi une réelle importance pour l'avenir de l'Afrique tropicale, c'est celui de la protection de la nature : faune, flore, sites, gisements scientifiques de toute nature. A l'exemple d'autres pays, nous avons aussi en A. O. F. des Parcs nationaux, créés à la suite de la convention de Londres de 1933, mais chez nous ils n'existent que virtuellement; par contre, l'Institut des Parcs nationaux du Congo belge est une réalité, il a la personnalité civile, il dispose chaque année de crédits considérables, employés à l'étude et à la surveillance des Parcs nationaux dont le plus important est le Parc national Albert, dans la région des montagnes avoisinant les grands lacs, destiné à des buts scientifiques, ayant à ses confins un territoire annexe de réserve de chasse pour le couvrir et ouvert partiellement au tourisme.

Notre organisation en Afrique Occidentale est bien pâle par rapport à celle du Congo belge ([2]) et pourtant la contrée placée sur notre territoire se vide de gibier depuis quelques années de façon très alarmante et nous avons montré dans des Notes précédentes à quel degré de décadence étaient les sols et la végétation et aussi la disparition de l'eau superficielle.

On sait que c'est à la suite de la Conférence de Londres de 1933 pour la protection de la nature et sur la proposition même de la délégation française dont nous faisions partie, qu'il fut admis qu'il devait être créé en Afrique deux catégories de réserves, d'une part, des réserves naturelles intégrales ayant un but exclusivement scientifique, et d'autre part, les parcs nationaux établis dans un but esthétique et touristique comme les parcs américains des U. S. A., mais aussi en vue de la protection du grand gibier menacé de disparition, spécialement en Afrique tropicale.

Au Congo belge, les Parcs nationaux couvrent au total environ trois millions d'hectares ([3]). Ces territoires dont le sol est souvent de très mauvaise qualité sont soustraits à l'agriculture, à l'élevage, à la chasse et à l'exploitation forestière. Il est admis que cette mise en défense intéresse aussi l'économie

---

([1]) *Comptes rendus,* **230**, 1950, p. 1550, 1720, 1991 et 2064.

([2]) A. Moeller de Laddersous, *Bulletin de l'Institut royal colonial belge*, **20**, 1949, n° 4, p. 798.

([3]) *Voir* Aug. Chevalier, Allocution prononcée à l'Académie des Sciences à l'occasion de la remise de la médaille Arago à M. van Straelen (*Publ. Institut,* n° **18**, 1948).

politique, puisque l'étude des éléments sauvages et même des sols dévastés éclaire l'humanité sur les mesures à prendre pour rétablir l'équilibre dans la conservation de l'humus et de l'eau d'où dépend l'avenir de l'agriculture. De nombreuses missions scientifiques consacrées aux diverses disciplines : géologie et pédologie, hydrologie, cartographie, zoologie, botanique, écologie, etc., étudient en permanence les territoires d'Afrique centrale mis en réserve et ont publié déjà des travaux considérables intéressant aussi bien la science appliquée, que la science pure. En Afrique Occidentale française presque tout reste à faire.

Une réserve intégrale a été créée aux Monts Nimba aux confins Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire, à 1750^{m} d'altitude, territoire que nous avions exploré en 1910 et montré déjà tout l'intérêt. Cette réserve rattachée à l'Institut français d'Afrique Noire manque malheureusement de crédits pour s'organiser. De nombreux parcs nationaux ont été créés, mais n'existent que sur le papier. A l'origine ils ne furent regardés du reste que comme réserves de gibier, mais celui-ci même est en voie de disparition, car le braconnage s'y fait sentir intensément. Ces parcs ne sont ni délimités, ni gardés, ni étudiés. Au point de vue scientifique même, il reste une tâche considérable à entreprendre et nous nous demandons, devant l'absolue nécessité de faire cette tâche au plus tôt, s'il ne conviendrait pas que l'Académie des Sciences en prenne le patronage.

La plupart de ces parcs dont les emplacements dépourvus de population ou très peu habités ont été à peine explorés, on ne les connaît même pas au point de vue géographique; étant dépourvus de routes et de sentiers, on ne peut les étudier que par les anciennes méthodes des explorateurs que nous avons pratiquées autrefois : voyages à cheval avec quelques porteurs, coucher dans la brousse, circuler aussi bien en saison des pluies qu'en saison sèche. Les plus importants parcs qui sont à étudier sont :

1° le parc de la Haute-Gambie et de la Haute-Casamance au Sud-Ouest de Tambacounda, partie sur le Sénégal, partie sur la Guinée française, dans des régions incultivables (carapaces de bowals), mais très intéressantes au point de vue de la faune et de la flore.

2° le parc de Kita au Soudan français délimité en partie par le Baoulé à l'Est et le Bakoy à l'Ouest avec de la végétation soudanaise typique, riche autrefois en gibier, mais qui s'est appauvri considérablement. Nous l'avons traversé récemment en allant de Kati à Kita par l'ancienne route des convois.

3° le parc de Diapaga à Kargui, *dit du W du Niger*, situé en grande partie sur le territoire de la colonie de la Volta. Nous l'avons parcouru il y a 40 ans venant du Dahomey. Il était alors très giboyeux, mais bien qu'on puisse difficilement y pénétrer, il s'est très appauvri par le braconnage qui se pratique toujours. On vient de la Nigéria chasser les lamantins en voie de disparition. La flore est toujours appauvrie par les feux de brousse. En février-mars dernier nous nous sommes approché de ce parc en allant, d'une part, à Gaya

(rive gauche du Niger) et, d'autre part, à Say et sur la route de Diapaga (rive droite du Niger). Flore soudanaise mais par endroits infiltrations d'épineux et de flore sahélienne. Le gibier y devient rare.

4° Le parc du Dahomey, entre Djougou et Parakou, traversé par la Haute-Ouemé. Nous avons parcouru ce pays autrefois, alors qu'il était déjà dévasté par les feux de brousse.

5° Le quadrilatère compris de Soubré à Taï, entre le Sassandra et le Cavally, en pleine forêt vierge, complètement inhabité. Nous l'avons parcouru en 1907 pendant la saison des pluies, dans des conditions extrêmement dures en y faisant cependant d'intéressantes collections. Ce territoire est encore à peu près inconnu. Il serait à ériger en réserve naturelle intégrale, car au moment où l'on gaspille de toutes parts la forêt dense de la Côte d'Ivoire, il est désirable de conserver au moins pour la science et pour les générations futures un lambeau de forêt vierge quasi impénétrable et montrant celle-ci dans toute sa splendeur. A l'époque où nous avons parcouru cette région, nous avons abordé le Mont Niénokué situé dans les parages, montagne sacrée alors inabordable, absolument interdite. Nul n'avait le droit d'y couper un arbre et d'y tuer un animal. Ce n'est qu'après de laborieuses négociations avec le chef des traditions qu'il nous fut permis d'en faire l'ascension. A cette époque la nature était mieux protégée qu'elle l'est de nos jours.

L'étude scientifique de ces parcs est tellement perdue de vue aujourd'hui en Afrique Occidentale française que seul un organisme comme l'Académie des Sciences, prenant le contrôle scientifique des missions d'exploration et assurant la publication des travaux résultant de ces missions, serait à même pensons-nous, si le Comité était doté de crédits suffisants par notre gouvernement, de combler les lacunes qui mettent en situation si grave et si angoissante pour l'avenir toute l'Afrique Occidentale française et spécialement les pays qui se trouvent au contact du Sahara.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Boragacées. Développement de l'embryon chez le* Lithospermum arvense *L.* Note de M. **René Souèges**.

Le *Lithospermum arvense*, comme l'*Heliotropium peruviamum*, se rattache au type embryonomique du *Chenopodium Bonus-Henricus*. A certains stades de son développement on observe plus de régularité que dans l'archétype. Son étude apporte de nouvelles preuves en faveur des liens de parenté très profonds qui unissent quelques Boragacées à la grande famille des Solanacées.

Il est acquis que les lois du développement de l'embryon chez les Boragacées offrent de profondes divergences. Il a été démontré ici même [1] que la plupart

---

(1) P. Crété, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1198.

des espèces, assurément trop peu nombreuses encore, dont l'étude rigoureuse a pu jusqu'à ce jour être poursuivie, venaient se rattacher à des types embryonomiques différents. Cette hétérogénéité des caractères embryogéniques paraît d'autant plus surprenante que les trois grandes familles avec lesquelles on se plait habituellement à comparer les Boragacées, dans les limites des Gamopétales hypogynes isostémones, se montrent homogènes, se rattachent, plus exactement, à des types embryonomiques bien définis, les Labiées et les Scrofulariacées, par exemple, au type du *Capsella Bursa-pastoris*, les Solanacées, au type de l'*Hyoscyamus niger*, avec des variations qui procèdent par enchaînement d'une manière particulièrement instructive.

Les familles moins importantes qui se groupent autour des Labiées et des Scrofulariacées, par leurs fleurs irrégulières, se rapportent encore au type du *Capsella*; mais celles qui, avec leurs fleurs régulières, se rangent à côté des Solanacées et des Boragacées dans l'alliance des Polémoniales, offrent, à leur tour, dans le développement de l'embryon, des divergences qui témoignent de la diversité profonde de leur origine. Cette diversité retentissant sur les caractères organographiques, les auteurs des premiers essais phylogénétiques l'ont nettement remarquée ([2]), mais ils ont eu les plus grandes difficultés à s'entendre sur la dérivation (*Ableitung*) véritable de l'alliance ou de ses constituants. Ils ne pouvaient, d'ailleurs, prendre en considération les caractères embryogéniques, à peu près nuls alors, et aujourd'hui encore bien insuffisants.

Chez le *Lithospermum arvense*, le développement est assez régulier et son étude conduit à des résultats particulièrement démonstratifs. L'espèce possède peu de formes aberrantes; les processus généraux de la segmentation offrent les plus grandes analogies avec ceux qui ont été déjà donnés chez l'*Heliotropium europæum*. La tétrade qui dérive de la division transversale des deux cellules du proembryon bicellulaire (*fig.* 1) appartient à la catégorie B_2 et comporte quatre éléments superposés, *cc* (ou *l*), *cd* (ou *l'*), *m* et *ci* (*fig.*2). Par segmentations, longitudinales des trois éléments supérieurs, transversale de l'élément inférieur, se constitue, à la 3e génération, un proembryon octocellulaire dont les quatre éléments du sommet représentent les quadrants disposés en deux étages (*fig.* 3). Aux stades suivants, les quatre quadrants, par divisions longitudinales méridiennes, donnent huit octants; par des divisions semblables, quatre cellules circumaxiales prennent naissance aux dépens des deux éléments juxtaposés en *m* (*fig.* 5 et 6). Pendant ce temps, les deux éléments inférieurs superposés, *n* et *n'*, issus de *ci*, se cloisonnent, le premièr transversalement en règle générale pour donner *h* et *k*, le second obliquement le plus souvent, ou transversalement, pour engendrer les éléments inférieurs *o* et *p* (*fig.* 8, 13 et 15). Au terme de ces bipartitions, c'est-à-dire à la quatrième génération, le proembryon possède exactement 16 cellules.

Les octants supérieurs, en *cc*, se segmentent tangentiellement, en règle générale, pour isoler d'emblée les premiers éléments de dermatogène, *de* (*fig.* 7, 8 et 11); les cellules inférieures se divisent à leur tour, le plus souvent verticalement pour donner, vers le

---

([2]) H. Hallier, *Arc. néerl. des Sc. exactes,* série B, 1, 1912.

dehors, les cellules-mères des cotylédons, et, au voisinage de l'axe, des éléments qui entreront dans la construction du cône végétatif de la tige (*fig.* 14, 17, 18, 19 et 20). Parfois les premières cloisons dans les octants supérieurs sont anticlines à direction verticale ou horizontale (*fig.* 9, 10 à gauche, 12, 13 à droite); parfois également, dans les cellules intérieures, les cloisons prennent une direction horizontale (*fig.* 15 à gauche); dans ce dernier cas, la séparation des cellules-mères des cotylédons se trouve retardée d'une génération cellulaire. Ainsi, aux dépens des octants supérieurs, se constitue la partie cotylée *sensu-lato*.

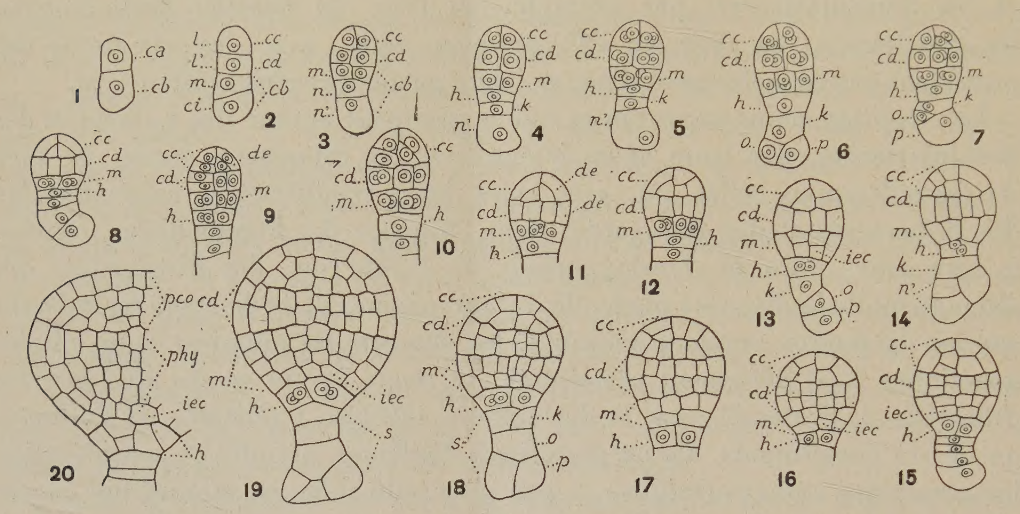


Fig. 1 à 20. — *Lithospermum arvense* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc* (ou *l*) cellule supérieure de la tétrade ou partie cotylée, *pco*; *cd* (ou *l'*) cellule subterminale de la tétrade ou partie supérieure de l'hypocotyle; *m*, cellule subproximale de la tétrade ou partie inférieure de l'hypocotyle; *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *h*, cellule-fille supérieure de *n*, ou portion médiane de la coiffe; *k*, cellule-fille inférieure de *n* donnant, avec *o* et *p*, cellules-filles de *n'*, le suspenseur proprement dit *s*; *phy*, hypocotyle; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. G. = 300.

Les octants inférieurs, en *cd*, prennent aussi des cloisons tangentielles séparant directement le dermatogène, *de*, (*fig.* 11 et 13); les cellules intérieures se cloisonnent à leur tour longitudinalement, et isolent les premiers éléments du périblème et du plérome de l'hypocotyle (*fig.* 12 et 14). Quelquefois les cloisons dans les octants ou dans leurs cellules-filles intérieures sont horizontales (*fig.* 9 à gauche). Les octants inférieurs engendrent la partie supérieure de l'hypocotyle, celle qui représente le rudiment de la tige hypocotylée.

Les quatre cellules circumaxiales de l'étage *m* (*fig.* 5 à 10) produisent la partie inférieure de l'hypocotyle, celle qui correspond au rudiment de la racine, uniquement constitué, à son origine, dans le proembryon, par les initiales du périblème et du plérome. Deux processus de division s'observent à cet égard :

1° Dans le cas, le plus général, les quatre premières cellules circumaxiales, par segmentations tangentielles, séparent extérieurement des éléments de dermatogène appelés à donner plus tard la portion latérale de la coiffe (*fig.* 12, 13 et 14); les cellules intérieures, voisines de l'axe, se divisent ensuite transversalement (*fig.* 15 à gauche) pour donner deux tétrades superposées; la tétrade du bas représente les initiales du périblème, celle du haut, par divisions longitudinales, donne naissance aux premiers éléments du périblème et du plérome.

2° Dans d'autres cas, les quatre premières cellules circumaxiales se segmentent d'abord transversalement; il se constitue ainsi deux étages de quatre nouveaux éléments, (*fig.* 16 à gauche, 17), qui, par cloisonnements tangentiels, donnent, du côté de l'axe, les initiales de l'écorce et les premières cellules de plérome.

Le premier cas reproduit le schéma A, le second le schéma B, de la figure 14 que j'ai donnée au sujet des modes de différenciation des initiales et des cellules-mères du périblème et du plérome, au sommet radiculaire, chez les espèces du mégarchétype III ([3]).

L'élément *h* du proembryon engendre la portion médiane de la coiffe par des processus qui ont été maintes fois décrits, au sujet du même élément chez les Chénopodiacées, au sujet d'éléments d'une autre origine, chez les Solanacées, les Polygonacées, les Composées, etc.

Comme on le voit, les lois qui président au développement de l'embryon chez le *Lithospermum arvense* reproduisent, dans leurs traits généraux, celles qui ont été observées chez l'*Heliotropium peruvianum* et qui caractérisent le type embryonomique du *Chenopodium Bonus-Henricus* ([4]). Mais ces lois se montrent ici plus conformes au type et offrent une plus grande régularité, en ce sens que : 1° il se constitue, à la quatrième génération, un proembryon nettement hexadécacellulaire, les blastomères conservant jusqu'à ce stade leur puissance égale de division; 2° la différentiation des initiales de la racine se produit selon les processus des schémas généraux; 3° la partie médiane de la coiffe tire origine, comme dans l'archétype, de l'élément *h* du proembryon.

On remarque, en outre, que les premières cloisons sont parfois transversales dans les octants, chez le *Lithospermum*, comme cela a été observé chez les Solanacées, particulièrement dans le genre *Solanum* où l'apparition de ces cloisons a permis de se faire une idée, par une série de termes de passage, de la construction de formes octocellulaires à sept et à huit étages, retrouvées d'ailleurs chez l'*Echium vulgare* L. ([5]), ce qui nous oblige à reconnaître, somme toute, que certaines Boragacées possèdent incontestablement avec les Solanacées d'intimes et profonds liens de parenté.

M. **Jules Rouch** fait hommage à l'Académie de la deuxième édition de son Ouvrage : *Météorologie et Physique du Globe*. Tome I. *Météorologie nautique*.

([3]) R. Souèges, *Embryogénie et Classification*, 2e fasc., *Partie générale*, 1939, p. 70.

([4]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 467; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **67**, 1920, p. 233; *Embryogénie et Classification*, 3e fasc., *Partie spéciale*, 1949, p. 66.

([5]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 871.

PLIS CACHETÉS.

M. **Charles Pitoiset** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 5 décembre 1949 et enregistré sous le n° 12618.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note relative à quatre équations du troisième degré.

(Renvoi à la Section de Géométrie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Maximilien Sorre. *Les fondements de la Géographie humaine*. Tome II. *Les fondements techniques*, Ire et IIe Parties.

2° Institut national de la Recherche agronomique. *La Cartographie Parcellaire de la Végétation* (*Ses principes et ses applications agronomiques*), par Georges Kuhnholtz-Lordat.

3° Institut des Parcs nationaux du Congo belge. Exploration du Parc national Albert. *Mission H. Damas* (1935-1936). Fascicule 15.

4° Id. *Mission G. F. de Witte* (1933-1935). Fascicules 66 et 67.

5° *Revista del Instituto nacional de investigacion de las ciencias naturales* (Buenos-Aires). *Ciencias geologicas*, Tomo I, n° 1.

6° *Journal of the mathematical Society of Japan*. Vol. I, nos 1, 2, 3.

7° *Journal of the Institute of Polytechnics*. Osaka City University. Vol. I, n° 1.

8° *Scientia medica italica*. Vol. I, n° 1.

9° Académie Serbe des Sciences. *Sbornik Radova*. I. Machinski Institout. — II. Institout za ekologiou i biogeografiou. I.

10° Divers tirages à part de MM. J. C. Thams, H. Staub, E. Zenone, Fl. Ambrosetti, Jean Lugeon et Maurice Jacob.

GÉOMÉTRIE. — *Sur certaines classes d'espaces riemanniens compacts.* Note de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Je me propose d'établir une formule qui fournit des conditions nécessaires et suffisantes commodes pour qu'un espace riemannien compact soit symétrique au sens de Élie Cartan. Tous les espaces envisagés dans cette Note sont à métrique définie positive. De la formule classique de commutation des

dérivations covariantes dans un espace riemannien, on déduit

$$\nabla_\lambda(\nabla_\mu R_{\alpha\beta,\gamma\delta}) - \nabla_\mu(\nabla_\lambda R_{\alpha\beta,\gamma\delta}) = H_{\alpha\beta\gamma\delta,\lambda\mu}$$

où $H_{\alpha\beta\gamma\delta,\lambda\mu}$ est le tenseur de Élie Cartan ([1])

$$H_{\alpha\beta\gamma\delta,\lambda\mu} = R^\rho{}_{\alpha,\lambda\mu} R_{\rho\beta,\gamma\delta} + R^\rho{}_{\beta,\lambda\mu} R_{\alpha\rho,\gamma\delta} + R^\rho{}_{\gamma,\lambda\mu} R_{\alpha\beta,\rho\delta} + R^\rho{}_{\delta,\lambda\mu} R_{\alpha\beta,\gamma\rho}.$$

En contractant α et λ et multipliant par $R^{\mu\beta,\gamma\delta}$, on obtient, compte tenu des identités de Bianchi, la formule générale

$$(1) \qquad \frac{1}{4}\Delta[P^2] = \frac{1}{2} g^{\lambda\mu}\nabla_\lambda R_{\alpha\beta,\gamma\delta}\nabla_\mu R^{\alpha\beta,\gamma\delta} + 2R^{\alpha\beta,\gamma\delta}\nabla_\alpha\nabla_\gamma R_{\beta\delta} + Q$$

où l'on a posé

$$(2) \qquad P^2 = R^{\alpha\beta,\gamma\delta} R_{\alpha\beta,\gamma\delta}; \qquad Q = H_{\lambda\alpha\beta\gamma,}{}^\lambda{}_\mu R^{\mu\alpha,\beta\gamma}.$$

Soit alors V_n un espace riemannien compact de classe $C^r (r \geqq 4)$. Si V_n est tel que le second membre de (1) soit constamment positif ou nul, P^2 se réduit à une constante et le second membre de (1) à 0. De ce raisonnement et des propriétés classiques des espaces symétriques, on déduit le théorème suivant :

THÉORÈME 1. — *Si un espace riemannien compact V_n est tel que Q soit positif ou nul et si de plus :*

1° *le tenseur dérivé du tenseur de Ricci est nul, l'espace est nécessairement symétrique;*

2° *le tenseur de Ricci est nul, l'espace est localement euclidien.*

Le second membre de (1) fait intervenir en fait la dérivée seconde du tenseur de Ricci. Mais, si l'on remplaçait dans les hypothèses du théorème 1, la dérivée première par la dérivée seconde, on n'obtiendrait ainsi qu'une généralisation apparente : on peut établir que, sur un espace compact, *la nullité d'une dérivée covariante d'ordre quelconque d'un tenseur entraîne la nullité de la dérivée première de ce tenseur.*

2. La formule (1) peut être, en particulier, appliquée aux espaces récurrents de Ruse ([2]); pour ceux-ci le tenseur $H_{\alpha\beta\gamma\delta,\lambda\mu}$ est identiquement nul. Si K_λ est le vecteur de récurrence (qui est le gradient de $\log P$) et si

$$S_{\lambda\mu} = R_{\lambda\mu} - \frac{1}{2} g_{\lambda\mu} R,$$

on établit aisément que

$$S^{\lambda\mu} K_\lambda = 0; \qquad S^{\lambda\mu}\nabla_\rho K_\lambda = 0,$$

([1]) *Cf.* par exemple E. CARTAN, *Leçons sur la géométrie des espaces de Riemann*, 2e édit., p. 265, Paris, 1946.

([2]) *Proc. London Math. Soc.*, 50, 1947, p. 438-446.

on peut en déduire la formule

$$2R^{\alpha\beta,\gamma\delta}\nabla_\alpha\nabla_\gamma R_{\beta\delta} = \frac{1}{2}R^2 g^{\alpha\beta}(\nabla_\alpha K_\beta + K_\alpha K_\beta). \tag{3}$$

Des formules (1) et (3) résulte, par une analyse un peu longue, le théorème suivant :

Théorème 2. — *Tout espace récurrent compact est ou bien symétrique, ou bien tel que* $R^2 = P^2 = 2R_{\alpha\beta}R^{\alpha\beta}$ (³). *En particulier tout espace récurrent compact pour lequel* $R = 0$ *est symétrique; si* $R_{ij} = 0$ *l'espace est localement euclidien.*

3. Considérons un espace riemannien V_n compact, orientable, de courbure de Ricci nulle. Si v_α définit une forme harmonique sur V_n on a (⁴)

$$\frac{1}{2}\Delta[v^\alpha v_\alpha] = g^{\lambda\mu}\nabla_\lambda v_\alpha \nabla_\mu v^\alpha$$

et un raisonnement analogue aux précédents montre que v_α définit un champ de vecteurs parallèles. Ainsi le premier nombre de Betti de V_n est égal au nombre de champs indépendants de vecteurs parallèles sur V_n. On en déduit le résultat suivant :

Théorème 3. — *Si un espace riemannien* V_4 *compact, orientable, de courbure de Ricci nulle, admet une caractéristique d'Euler-Poincaré inférieure à 2, il est localement euclidien.*

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur l'origine du paradoxe de Painlevé dans les systèmes de points matériels ou de solides en mouvement avec frottement.* Note (*) de M. **François Gallissot**, présentée par M. Henri Villat.

Soient n points matériels $M_i(x_i, y_i, z_i)$ de masse m_i. Chacun d'eux est mobile avec frottement sur une surface S_i donnée, sur laquelle le coefficient de frottement est f_i. Un point M_i peut quitter la surface S_i d'un certain côté caractérisé par un vecteur $\vec{n}_i$. A chaque point M_i est associé un trièdre trirectangle mobile $M_i(X_iY_iZ_i)$, M_iZ_i étant dirigé suivant $\vec{n}_i$. Chaque point M_i est soumis à des forces de résultante F_i et à l'action de contact $R_i(X_iY_iZ_i)$ de la surface S_i sur laquelle il glisse.

Théorème. — *Les coefficients de frottement* f_i *pouvant prendre toutes les valeurs de zéro à l'infini, la condition nécessaire et suffisante pour qu'on obtienne des indéterminations ou des impossibilités (paradoxe de Painlevé) dans le mouvement du système des n points est que les coordonnées des points soient liées au moins par*

(³) Un résultat analogue à la première partie de ce théorème, mais obtenu, semble-t-il, par une méthode toute différente, vient de m'être communiqué par M. Isamu Mogi.

(⁴) Bochner, *Bull. Amer. Math. Soc.*, 52, 1946, p. 779-781 et Lichnerowicz, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1678.

(*) Séance du 12 juin 1950.

une relation, holonome ou non,

(1) $$\sum_{i=1}^{n}(\lambda_i dx_i + \mu_i dy_i + \nu_i dz_i) = 0.$$

Appliquons la méthode indiquée dans deux Notes précédentes [1] : $u_i = \rho_i \cos s_i$, $v_i = \rho_i \sin s_i$, w_i étant les composantes de la vitesse $\overrightarrow{VM_i}$ de M par rapport au trièdre $M_i X_i Y_i Z_i$ la loi du frottement de glissement se traduisant par $X_i = -f_i Z_i \cos s_i$, $Y_i = -f_i Z_i \sin s_i$, on obtient pour discuter les éventualités les équations

(2) $$\frac{dw_i}{dt} + \sum_{i+1}^{n} r_{ij} z_j = \varphi w_i, \qquad i\,(1 \text{ à } n),$$

avec la condition

(3) $$\sum_{r=1}^{n}(\alpha_i u_i + \beta_i v_i + \gamma_i w_i) = 0.$$

transformée de (1).

L'expression de r_{ij} est

$$r_{ij} = \frac{c_{ij} - \dfrac{\gamma_i}{m_j}(\alpha_j \cos s_j + \beta_j \sin s_j) f_j}{m_i \displaystyle\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{m_j}(\alpha_j^2 + \beta_j^2 + \gamma_j^2)},$$

avec

$$c_{ij} = \frac{\gamma_i \gamma_j}{m_j}, \qquad c_{ii} = \frac{\gamma_i^2}{m_i} - \sum_{j=1}^{n} \frac{1}{m}(\alpha_j^2 + \beta^2 + \gamma_j^2).$$

D'après la propriété énoncée dans la Note [2].

1° Pour que dans un système à contacts multiples avec frottement, indéterminations ou impossibilités aient lieu, il faut que la forme quadratique Ψ, ayant pour coefficient les éléments de la matrice $\|r_{ij} + r_{ji}\|$, prenne des valeurs positives.

Si les α_i, β_i ne sont pas nuls, les f_i figurant linéairement dans les coefficients r_{ij}, on peut trouver un domaine D $(f_1, \ldots, f_n)$ tel que ψ prenne des valeurs positives. L'existence de (1) est donc suffisante.

2° L'existence de (1) est nécessaire. Car si les λ_i, μ_i, ν_i sont nuls les équations (2) s'écrivent

$$\frac{dw_i}{dt} - Z_i = \varphi w_i.$$

---

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 511-512 et p. 611-612.

(2) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 611-612.

Elles montrent que si $\varphi w_i > 0$, il y a échappement; si $\varphi w_i < 0$, il y a contact ($Z_i > 0$). Donc aucun paradoxe, ni aucune indétermination ne peuvent avoir lieu.

Conséquences. — 1° Dans un corps solide théorique l'invariabilité des distances de ces points entraîne l'existence de relations telles que (1). Donc toutes les fois qu'on écrira qu'en un point de contact le module d'une composante tangentielle T d'une réaction est une fonction $f(N)$ de la composante normale N, $f(N)$ étant simplement astreinte à être nulle avec N, indéterminations ou impossibilités vont se produire pour certains ensembles de valeurs de $f(N)$.

2° Paradoxes ou indéterminations ne peuvent être levés qu'en abandonnant le concept de solides indéformables. C'est ce qu'a fait Delassus en introduisant l'hypothèse du choc tangentiel pour lever le paradoxe de Painlevé dans le cas d'un contact, hypothèse dont j'ai montré la validité pour un nombre quelconque de contacts dans une Note précédente [2].

3° Si l'étude d'un mouvement de solides avec frottement conduit à des indéterminations ou des paradoxes, cela prouve que le schéma théorique sur lequel nous raisonnons n'est pas correct.

Complément à la bibliographie sommaire de la Note du 6 février 1950. — M. R. Mazet dans deux Mémoires récents (*Revue de l'O. N. E. R. A.*, n° 10, 1949, et Communication au 7e *Congrès de Mécanique appliquée*, Londres, 1948) emploie la notion d'accélération de contingence dans le cas de deux solides en contact avec frottement, d'autres solides étant en contact par des liaisons bilatérales sans frottement. Les résultats de M. Mazet sont donc également un cas particulier du théorème général énoncé dans la Note du 6 février 1950.

ACOUSTIQUE MUSICALE. — *Proposition d'un nouveau son fixe : Sol_3 = fréquence 384. D'où La_3 = 432.* Note de M. **Robert Dussaut**, présentée par MM. Henri Busser [1] et Joseph Magrou.

Quand *Ut* est fixe, le *La* varie selon qu'il est 5/3 ou 27/16; quand *La* est fixe, l'*Ut* varie selon qu'il est 6/5 ou 32/27. Si le son fixe était : *Sol* 384, les notes *La* 432, *Ut* 512 et *Ré* 576 seraient semblables dans les systèmes de Pythagore et de Zarlino. Pour La_3, la fréquence 432 serait moins arbitraire que 435 ou 440. C'est le diapason logique que les musiciens réclament d'instinct.

Le diapason légal (fixé en 1859 à 870 vibrations ou 435 périodes par seconde), n'est plus employé en France depuis une douzaine d'années, car les facteurs d'instruments à vent, afin de faciliter leurs exportations en Amérique, ont haussé le diapason, de 435 à 440 p/s., sans consulter ni prévenir les musiciens. En mai 1939, un Congrès a eu lieu à Londres, sur l'instigation de la Radio-

[1] Membre de l'Académie des Beaux-Arts.

diffusion allemande, pour adopter ce nouveau diapason. Des facteurs d'instruments et des ingénieurs de la Radiodiffusion ont signé pour la France, mais ni les physiciens, ni les musiciens n'ont été invités à ce Congrès.

Les musiciens français, en général, se plaignent du diapason à 440 p/s., le trouvant exagérément élevé. Avec ce diapason, les œuvres vocales et chorales des compositeurs classiques sont devenues presque impossibles à interpréter dans le ton original. Il faudrait transposer la plupart de ces œuvres un demi-ton ou même un ton plus bas, puisque en 1700, à l'Opéra de Paris, le diapason était à 405 p/s., donc 36 savarts en dessous du diapason actuel (soit environ 3/4 de ton). Il apparaît qu'il devient nécessaire de demander l'abaissement du diapason, par un nouveau décret officiel, celui de 1859 étant devenu caduc.

La solution idéale serait que les musiciens et les physiciens eussent *la même échelle musicale*, c'est-à-dire celle de *Sauveur*, fixant à l'Ut_3 et l'Ut_4 les fréquences 256 et 512. Malheureusement, dans la pratique musicale, la note *Ut* ne peut servir de diapason, parce que les violonistes ne peuvent s'accorder que sur des cordes à vide; or le violon n'a point de corde *Ut*. Le son fixe ne doit donc être que *La*, *Ré* ou *Sol*, ces trois notes correspondant à des cordes du violon, de l'alto, etc. Depuis longtemps les musiciens ont adopté La_3 comme diapason. Ce choix a été malencontreux, car *Ut* devient alors très variable : la tierce mineure de La_3 à Ut_4 diffère beaucoup selon qu'il s'agit du système de Pythagore, du tempérament, ou du système de Zarlino. L'*Ut* pythagoricien est plus bas d'un comma syntonique ($80:81 = 5,395$ savarts) que l'*Ut* zarlinien. Inversement, quand l'$Ut_3 = 256$ est pris comme point fixe, la sixte 27/16 est plus haute d'un comma que la sixte 5/3, d'où *La* 432 dans un cas, *La* 426,66 dans l'autre, et, pour le tempérament, *La* 430,34.

Au lieu de prendre *La* ou *Ut* comme son fixe, si l'on adoptait : $Sol_3 =$ fréquence 384, on obtiendrait *à la fois dans le système de Zarlino et dans celui de Pythagore* la même *Quinte naturelle* 3/2, d'*Ut* 256 à *Sol* 384, et la même *Quarte naturelle* 4/3, de *Sol* 384 à *Ut* 512. Non seulement *Ut* serait plus stable, mais le $La_3 = 432$ également, puisque le ton 9/8 est le même dans ces deux systèmes.

Les nombres 384 et 432 ont l'avantage de n'avoir d'autres facteurs premiers que 2 et 3. Ils sont plus logiques et d'un emploi plus pratique que 435 (non divisible par 2, et multiple du nombre premier 29 qui n'est pas un nombre musical). Dans les calculs acoustiques, 435 produit des nombres fractionnaires encombrants. Par exemple, quatre octaves au-dessous de 435, on a 27,1875. En revanche, quatre octaves au-dessous de 432, on a 27 exactement. Les nombres entiers sont préférables aux nombres fractionnaires.

Le son fixe 384 pourrait être considéré comme tonique théorique d'une gamme modèle de *Sol majeur*, aussi bien dans le système de Zarlino que dans celui de Pythagore, et comme médiante théorique d'une gamme modèle de *Mi mineur*. Dans ce dernier cas, la tonique théorique deviendrait $Mi_4 = 640$

dans le système de Zarlino, et $Mi_4 = 648$ (un comma plus haut) dans le système de Pythagore. Grâce à ce son fixe 384, les fréquences des gammes de *Sol majeur* et de *Mi mineur* pourraient s'exprimer *en nombres entiers* dans les deux systèmes.

On obtiendrait même une gamme chromatique, dans le système de Zarlino, toujours en nombres entiers. Exemple :

384	Sol_3	500	*Si dièse*	640	*Mi*
400	*Sol dièse*	512	Ut_4	675	*Mi dièse*
432	*La* (diapason)	540	*Ut dièse*	720	*Fa dièse*
450	*La dièse*	576	*Ré*	750	*Fa double-dièse*
480	*Si*	600	*Ré dièse*	768	Sol_4

Si Messieurs les Membres de l'Académie des Sciences ne désapprouvent pas les principes musicaux exposés ci-dessus, ils rendraient grand service aux artistes musiciens en voulant bien émettre le vœu que le *son fixe théorique* fût désormais $Sol_3 = 384$. D'où : $La_3 = 432$; $Ut_4 = 512$ et $Ré_4 = 576$. Le La_3 serait 8 savarts plus bas que le diapason actuel à 440 p/s., soit environ 1/6 de ton. Tel est le diapason demandé par les musiciens.

En résumé, les musiciens français ne souhaitent pas seulement que le diapason soit abaissé, mais aussi qu'il soit *fixé* définitivement et *ne varietur*. Il est fâcheux que les principaux États aient adopté, pour leurs diapasons, des nombres choisis arbitrairement : 436 en Autriche; 435 en Italie; 440 en France, Allemagne, Angleterre, États-Unis; etc. Ayant une base logique, la convention du *son fixe* 384 aurait plus de chance de demeurer stable et de devenir internationale.

Par *referendum*, de nombreux musiciens français ont accepté que le La_3 soit ramené à la fréquence 432. Donc, $Sol_3 = 384$. Il serait souhaitable que les musiciens et les physiciens adoptassent la même échelle musicale :

24	**48**	**96**	**192**	**384**	**768**	**1536**	**3072**	**6144**
Sol_{01}	Sol_0	Sol_1	Sol_2	Sol_3	Sol_4	Sol_5	Sol_6	Sol_7

CHALEUR. — *Rayonnement des gaz dans la chambre de combustion d'un moteur Diesel.* Note (*) de M. **Georges Monnot**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'étude des phénomènes qui se développent dans la chambre de combustion, tant dans le moteur à essence que dans le moteur Diesel, repose le plus souvent

(*) Séance du 12 juin 1950.

sur la mesure des pressions qui y règnent. Dans une Note précédente [1] nous avons indiqué comment, sur un même moteur Diesel, nous avons procédé au relevé simultané de la pression et de la température de couleur de la flamme apparaissant dans la chambre de combustion.

Les résultats obtenus ont été portés sur des diagrammes S log V [2] calculés pour les produits de combustion d'un mélange de richesse 0,4. Sur ces diagrammes, et pour les diverses conditions de fonctionnement, on a pu tracer les courbes log V-pression et log V-température.

Dans tous les cas, les courbes sont fortement écartées au début de la combustion, elles tendent à se rapprocher vers la fin de la combustion. Traduits en température, ces écarts sont de l'ordre de 1200° au début de la combustion. Certains résultats obtenus par O. A. Uyehara et P. S. Myers [3] ont été reportés sur des graphiques analogues. Ces auteurs avaient observé les températures pour des richesses de 0,58, 0,93, et 1,02. Ici encore, les températures déduites de la pression et les températures mesurées directement diffèrent, au début de la combustion, de 1200° aux richesses de 0,58 et 0,93 et de 1700° à la richesse de 1,02. Par contre, les courbes log V-pression et log V-température non seulement se rapprochent l'une de l'autre en fin de combustion, mais se confondent même aux richesses de 0,93 et de 1,02. Il existe donc dans la chambre de combustion du moteur un fort gradient de température qui se maintient en dépit de la turbulence des gaz.

Dans ces conditions, nous avons essayé de calculer l'énergie rayonnée par les gaz pendant la combustion en tenant compte de ces inégalités de températures. Ce calcul n'était possible que moyennant des hypothèses assez grossières qui ne permettent d'atteindre qu'un ordre de grandeur. Il a été mené de la façon suivante :

La comparaison des courbes de détente des gaz avec ou sans injection de gas-oil a permis de déterminer la loi de combustion du gas-oil en fonction de l'angle de rotation [4].

La combustion du gas-oil a été supposée s'effectuer en mélange stœchiométrique.

Les gaz brûlés ont été supposés rayonner comme un corps noir, et le volume qu'ils occupent assimilé à une sphère.

Dans ces conditions, pour la richesse 0,435, nous avons obtenu :

---

(1) Vichnievsky et Monnot, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2079.

(2) Vichnievsky et Salé, *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, 3, n° 12, 1948.

(3) *S. A. E. Quarterly Transactions*, 1947 et 1949.

(4) Neumann, *Forsch.*, n° 2, 1936.

Position du vilebrequin.	Température en °K. Gaz brûlés.	Gaz frais.	Moyenne déduite de la pression.	Pertes thermiques calculées en calories.	Rayonnement calculé en calories.	Travail mécanique fourni en calories.
6° avant le P. M. H.	–	615	615	2,6	0,1	0,1
P. M. H.	1835	645	680	3,8	0,2	0,3
4°	1950	662	790	11	0,5	1,5
10	1960	643	760	32,7	1,3	7
20	1910	582	730	64,9	2,3	11,5
30	1760	518	715	91,2	2,3	12,2
40	1470	464	707	−5,8	1,2	10,6
50	1020 (*)	412	575			

(*) Valeur extrapolée sur le courbe expérimentale.

Au total, pendant les 56° de rotation durant lesquels la combustion s'effectue, les pertes thermiques calculées s'élèvent à 200^{cal} sur lesquelles 8 seulement seraient dues au rayonnement, tandis que le travail mécanique emporterait 43^{cal} dans le même temps. Ce chiffre du rayonnement est très faible et, cependant, il ne peut être que surestimé car, d'une part les gaz ont été assimilés à un corps noir pour le rayonnement, d'autre part la température utilisée dans ce calcul est la température de couleur fournie par le pyromètre à deux couleurs.

Si l'on admet que le rayonnement de la flamme du jet de gas oil peut être assimilé, à épaisseur égale, à celui d'une bougie ou d'un étalon Hefner, les données classiques concernant ces flammes ([5]) permettent d'évaluer à 250° au P. M. H. l'excès de la température de couleur sur la température vraie, cet écart étant seulement de 180 et de 120° pour les positions respectives de 30 et de 40° après le P. M. H.

THERMOCINÉTIQUE. — *Les algorithmes de la théorie de la chaleur.* Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons fortement insisté, dans un ouvrage récent ([1]), sur un aspect peu satisfaisant des solutions de l'équation de la chaleur relatives au milieu illimité, lesquelles font jouer un groupement de variables du type $u = x^2/t$ où l'on pose arbitrairement $u = 0$ quand x et t sont *simultanément* nuls. La justification la plus nette de cette convention semblait être que nous cherchions

---

([5]) *Cf.* par exemple : Ribaud et Brun, *Transmission de la Chaleur*, 1, 1948, ou Ribaud, *Traité de Pyrométrie optique* (*Édition de la Revue d'optique théorique et instrumentale*, 1931).

(*) Séance du 12 juin 1950.

([1]) P. Vernotte, *Thermocinétique* (*Publ. Scient. et Techn. Min. Air*, série grise, fasc. 224).

dans les cas les plus simples à exprimer la solution par la seule variable u, et, sur la surface limite $x = 0$, u ayant la valeur zéro quel que soit $t \neq 0$, nous étions conduit à conserver pour $t = 0$ cette valeur nulle.

Dans les cas plus compliqués faisant jouer l'intégrale de Laplace

$$(1) \qquad T = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} F\left(x + 2q\sqrt{\frac{\lambda t}{c\rho}}\right) e^{-q^2}\, dq$$

nous avions dit, ce qui était exact, que, d'après la définition même d'une intégrale, à limites infinies, il fallait faire augmenter q indéfiniment *après* avoir donné à t sa valeur, de sorte que, lorsqu'on fait $t = 0$, l'argument de F aura toujours simplement la valeur x; et la difficulté signalée ne se poserait pas.

Mais comme les calculs d'exploitation de la formule (1) supposent expressément $t \neq 0$, la difficulté revient lorsqu'on voudra faire tendre t vers zéro puisque alors la limite éventuelle de $q\sqrt{t}$ redevient arbitraire. La réponse immédiate est que cette circonstance est sans importance, car pour les grandes valeurs de q l'exponentielle e^{-q^2} rend négligeable la quantité sous le signe $\int$.

En sorte que, dans tous les cas, la valeur de la solution pour $x = 0$ et $t = 0$ peut être obtenue en faisant $x = 0$ et $t \neq 0$ et cherchant la limite pour $t = 0$, ce qui ne suppose (le fait est général dans la théorie des limites) que la considération de valeurs de t différentes de zéro.

Cependant, cette convention, malgré son caractère universel, n'est pas pleinement satisfaisante, car c'est au moment de la fixation des conditions aux limites que se pose le problème de la signification des solutions, c'est-à-dire à un moment où nous créons une discontinuité en imposant un changement.

Comparons donc les résultats donnés par l'équation (1) ainsi interprétée avec ce que fournirait la série de Fourier, laquelle ne repose pas sur la considération du groupement x^2/t, mais fait jouer *indépendamment* x et t; et ce, dans le cas simple du mur illimité vers les $x > 0$ et arrêté à la face $x = 0$, initialement à la température constante T_0 et que l'on refroidit à l'instant initial en maintenant à la température zéro la face $x = 0$, de sorte que la température est donnée par

$$(2) \qquad T = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\lambda t}{c\rho}}\frac{x}{\sqrt{t}}} e^{-v^2}\, dv.$$

Pour les petites valeurs du temps, ce phénomène thermocinétique est en effet le même pour le mur illimité et pour le mur d'épaisseur l, dont la température est donnée par la série

$$(3) \qquad T = \frac{4}{\pi} T_0 \left[\sin \pi \frac{x}{e} e^{-\frac{\lambda\pi^2}{c\rho l^2} t} + \frac{1}{3} \sin 3\pi \frac{x}{l} e^{-9\frac{\lambda\pi^2}{c\rho l^2} t} + \dots \right].$$

On pourrait montrer, par la théorie des fonctions *thêta*, que, pour t petit,

les formules (2) et (3) sont équivalentes. En fait, comme ce sont deux solutions de l'équation de la chaleur, il suffit de montrer que, pour x petit, elles correspondent aux mêmes conditions aux limites.

Pour $t=0$ et $x\neq 0$, l'intégrale (2) va de zéro à l'infini, et T vaut donc T_0. Le crochet de (3), d'après un développement classique, vaut $\pi/4$, et T vaut encore T_0. Pour $x=0$ et $t\neq 0$, les formules (2) et (3) donnent évidemment $T=0$.

Pour $x=0$ et $t=0$, d'après la convention posée, $x/\sqrt{t}$ est nul et l'intégrale (2) donne bien $T=0$. La série (3) donne aussi $T=0$, car elle est nulle comme composée de termes identiquement nuls.

Il semble n'y avoir aucune difficulté dans le cas de la série, mais c'est parce que l'on a transporté la difficulté, et sous une forme où elle se résout sans peine, dans la manière de concevoir la condition aux limites. La loi de distribution initiale comporte en effet la double donnée de T égal à T_0 quel que soit $x\neq 0$, et $T=0$ pour $x=0$, ce qui veut dire que nous posons appartenir à l'avenir ($t>0$) les circonstances fixées à l'époque $t=0$; en sorte que la discontinuité n'est pas dans la loi $T(x, t)$ solution de l'équation aux dérivées partielles, mais entre la distribution antérieure à notre intervention et celle qui résulte de cette intervention.

En posant $u=0$ pour x et t nuls, nous exprimions la même idée, mais sous une forme plus mystérieuse.

L'interprétation physique de la difficulté mathématique rencontrée est donc que le présent c'est déjà de l'avenir. Et mathématiquement, on résoudrait, comme nous le disions (*loc. cit.*), la difficulté, en établissant, par le *continu du troisième ordre*, une distinction entre le dernier instant du passé $T=T_0$ en $x=0$, et le premier instant du présent $T=0$ en ce même $x=0$.

PYROTECHNIE. — *Calcul de la célérité des déflagrations dans les poudres colloïdales.* Note de MM. **Numa Manson**, **Paul Morlé** et **Roger Ferraud**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Assimilant la zone de réaction à une onde de choc et de combustion plane avec faible chute de pression (Δp), nous avons calculé sa célérité D_0 lorsque la propagation a lieu suivant l'axe de blocs cylindriques de poudres colloïdales. Nous avons admis, comme pour les mélanges gazeux [1], que le choc des atomes d'hydrogène (formés dans la zone de réaction) avec les molécules de la poudre et, la recombinaison consécutive de ces atomes, entretient la réaction et détermine la faible variation de pression $\Delta p = T_1(p_H)_2/2T_2$.

---

[1] N. Manson, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 230; *Rev. de l'Inst. Franc. du Pétrole*, 4, 1949, p. 338; N. Manson, H. Guénoche et B. Salé, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1637.

Connaissant la composition, la densité de la poudre, la chaleur de formation de ses composés [2] et des produits de combustion et, assimilant ces derniers à un mélange de gaz parfaits en équilibre physico-chimique, nous avons calculé en suivant les méthodes de G. Ribaud [3] la température T_2, le nombre de moles N_2 et la pression partielle $(p_H)_2$ de l'hydrogène atomique dans ces gaz pour diverses valeurs de leur pression $p_2 (25 \leq p \leq 4000^{atm})$. Dans ces calculs nous avons admis que la chaleur de réaction H'_p est celle qui correspond à la combustion préférentielle de H_2. Cette hypothèse conduit à un meilleur accord avec les valeurs de D_0 mesurées; d'ailleurs les deux hypothèses fournissent pratiquement le même résultat en ce qui concerne T_2 et N_2, seules les valeurs de $(p_H)_2$ peuvent différer notablement.

Nous avons constaté que dans le cas de poudres composées de nitrocellulose (CP), nitroglycérine (NG) et diéthyldiphénylurée (C) la théorie fait apparaître l'influence de : 1° *la température initiale* T_1 (D_0 croît un peu plus vite que $T_1^{1/2}$); 2° *la teneur en humidité* h *de la poudre* (lorsque h croît, D_0 décroît dans des proportions qui dépendent de la composition de la poudre et de la pression p_2); 3° *la pression* p_2 (pour les poudres froides, $T_2 \simeq 2000°$ K, en première approximation $D_0 \sim p_2^n$ avec $n \sim 0,75$ pour $25 \leq p \leq 500^{atm}$, $n \sim 1$ pour $500 < p < 2500^{atm}$ et $n \geq 1$ pour $p > 2500^{atm}$; pour les poudres chaudes $T_2 \geq 2400°$ K, n varie notablement avec p_2 mais reste assez voisin de 1 pour $500 < p < 2000^{atm}$).

On trouvera dans les tableaux I, II et III, quelques résultats numériques confirmant ces conclusions dans le cas de deux poudres types.

Notons que pour obtenir des valeurs de D_0 en parfait accord avec les valeurs mesurées par différents expérimentateurs [4], [5], nous avons été conduits à affecter d'un coefficient $\nu = 0,40$ (indépendant de la poudre, de p_2 de T_1 et de h) l'expression de Δp utilisée antérieurement [1] pour les mélanges gazeux. Avec $\nu = 1$ l'expression

$$\Delta p = \nu \frac{1}{2} \frac{T_1}{T_2} (p_H)_2$$

conduit à un accord qualitatif très satisfaisant mais les valeurs calculées de D_0 sont d'environ 60 % trop élevées.

En conclusion signalons que, d'après la théorie, pour augmenter la célérité D_0 (à p_2, T_1, h, constants), il faut chercher à accroître la pression partielle de l'hydrogène atomique dans les produits de combustion, par

---

(2) H. MURAOUR et G. AUNIS, *Mém. de l'Artillerie Franç.*, 2e fas. 1946, p. 421.

(3) *Chaleur et ind.*, 19, n° 213, 1938, p. 63.

(4) H. MURAOUR, *Poudres et Explosifs*, Paris 1947; *Chimie et ind.*, 47, 1942, p. 476 et 602; 50, 1943, p. 105 et 168.

(5) B. L. CRAWFORD, C. HUGGET, F. DANIELS et R. WILFONG, *Analytical Chem.*, 19, 1947, p. 630.

exemple en incorporant dans la poudre des composés riches en hydrogène, mais n'abaissant pas la température de combustion T_2.

Tableau I. — Poudre A : CP à 11,7 % de N_2 — 66 % ; NG — 25 % ; C — 9 % ; $H'_p = 652,7$ Cal/kg ; $T_2 = 2\,025^\circ$K ; $\rho_1 = 1,6$ kg/l ; $C_1 = 0,3$ Cal/kg.

p_2 (atm).....	25.	50.	100.	150.	200.	500.	1 000.	2 000.	3 000.	4 000.
D_0 (mm/sec) calc....	3,7	6,0	10,5	14,2	17,6	36	62	109	155	205
D_0 (mm/sec) (+)...	5,3	6,7	9,4	12,1	14,8	31	58	112	166	220

(+) Valeurs déduites de la formule semi-empirique de H. Muraour [4], $D_0 = 4 + 5,4.10^{-2} p_2$.

Tableau II. — Poudre B : CP à 13,25 % de N_2 — 54 % ; NG — 43 % ; C — 3 % ; $H'_p = 738,8$ Cal/kg ; $2\,400^\circ \leq T_2 \leq 2\,500^\circ$K suivant p_2 ; $\rho_1 = 1,6$ kg/l ; $C_1 = 0,3$ Cal/kg.

p_2 (atm.)....	25.			50.			100.			200.		
T_1 °K........	273.	298.	323.	273.	298.	323.	273.	298.	323.	273.	298.	323.
D_0 (mm/sec) calc....	5,8	6,2	6,6	10,2	10,9	11,6	17,5	18,5	19,7	30,0	31,9	33,9
D_0 (mm/sec) obs. [5].	6,0	6,5	7,9	10,0	11,0	12,3	16,4	17,9	19,8	28,0	31,0	34,5

Tableau III. — *Variation de D_0 en fonction du taux d'humidité.*

p_2 (atm)......	25.		50.		100.		200.		1000.		
h %.........	0,9	1,8	0,9	1,8	0,9	1,8	0,9	1,8	0,9	1,8	2,7
Poudre A....	3,5	3,3	5,7	5,4	10,0	9,5	16,8	16,0	58,6	56,0	50,3
Poudre B.....	6,0	5,7	10,2	9,7	17,5	16,6	29,8	29,4	–	–	–

ÉLECTRICITÉ. — *Self propre et mutuelle inductance d'une nappe métallique sphérique et d'un solénoïde indéfini.* Note de M. **Antoine Colombani**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Considérons une couche mince sphérique et conductrice de rayon a et d'épaisseur e soumise à un champ magnétique et périodique $H = H_0 \cos \omega t$. En régime quasi stationnaire et dans le cas où la pénétration $\varepsilon = (2\pi\omega\gamma)^{-1/2}$ est grande devant e, j'ai déjà donné les expressions des champs et de la puissance dissipée par courants de Foucault dans la sphère [1]. Voici quelques autres résultats intéressants :

La puissance dissipée dans le métal est donnée par la valeur moyenne du flux du vecteur de Poynting sur la surface extérieure de la sphère. En coordonnées sphériques :

$$W = \frac{-1}{4\pi} \frac{1}{T} \int_0^T \int_0^\pi \int_0^{2\pi} h_{\varphi_1} \wedge H_{0_1} r^2 \sin\theta \, d\theta \, d\varphi \, dt = \frac{3}{2} H_0^2 \omega a^4 \frac{\varepsilon^2 e}{4a^2 e^2 + 9\varepsilon^4},$$

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1149.

où

$$H_{\theta_1} = - H_0 \sin\theta \left[\cos\omega t + \frac{1}{2}\cos\chi\cos(\omega t + \chi)\right]$$ pour le champ magnétique tangentiel;

$$h_{\varphi_1} = - H_0 \frac{\omega a}{2} \sin\theta [\sin\omega t - \cos\chi \sin(\omega t + \chi)]$$ pour le champ électrique,

avec

$$\operatorname{tg}\chi = \frac{3\varepsilon^2}{2ae}.$$

La puissance dissipée dans la cavité est nulle. Comme on l'a déjà vu par un calcul différent, W passe par un maximum pour $e = (3/2)(\varepsilon^2/a)$ et vaut alors $(H_0^2/8)\omega a^3$ pour cette valeur optimum de e.

Ceci posé, la f. é. m. induite dans le solénoïde inducteur de rayon b est

$$e_s = 2\pi n b \int_{+\infty}^{-\infty} h_{\varphi_i}\, dz, \qquad \text{avec} \quad h_{\varphi_i} = - H_0 \frac{\omega a^3}{2 r^2} \sin\theta \cos\chi \sin(\omega t + \chi).$$

On trouve

$$e_s = 8\pi^2 n^2 I_0 a^3 \omega \cos\chi [j \cos\chi + \sin\chi], \qquad \text{avec} \quad H_0 = 4\pi n I_0$$

(n nombre de spires/cm du solénoïde).

Elle est finie, indépendante de b. On en déduit l'augmentation de résistance du solénoïde

$$R_1 = 48\pi^2 n^2 \frac{\omega a^4 \varepsilon^2 e}{4a^2 e^2 + 9\varepsilon^4}$$

et sa variation de self

$$L_1 = 32\pi^2 \frac{n^2 a^5 e^2}{4a^2 e^2 + 9\varepsilon^4}.$$

La surtension correspondante $s = L_1\omega/R_1 = (2/3)(ae/\varepsilon^2)$ est égale à 1 à l'optimum. A ce moment $L_1\omega = R_1 = 4\pi^2 n^2 \omega a^3$.

D'autre part, l'intensité induite dans la couche est

$$I_l = \int_0^{\pi} \int_{a-e}^{a} \gamma h_{\varphi_1} r\, dr\, d\theta = \gamma H_0 \omega a^2 e \sin\chi \cos(\omega t + \chi).$$

La résistance de la couche sphérique est donc $\mathcal{R} = W/I_l^2 = 2\pi/3\gamma e$. *Elle est indépendante du diamètre de la sphère.*

Quant à la self propre de la couche, par l'intermédiaire de la partie imaginaire de e_s et de la valeur de I_l on trouve $\mathcal{L} = (8/9)\pi^2 a$. Ce résultat obtenu très rapidement concorde avec celui obtenu par Mascart pour un enroulement sphérique à n_1 spires par centimètre : $\mathcal{L} = (8/9)\pi^2 n_1^2 a$. De la valeur $\mathcal{L} = (8/9)\pi^2 a$ on peut d'ailleurs déduire aisément que le champ à l'intérieur d'un enroulement sphérique est nécessairement constant et vaut $(8/3)\pi n_1$.

Signalons aussi que $\mathcal{L}\omega/\mathcal{R} = 2\pi e/3\varepsilon^2$ est égale à 1 à l'optimum.

Enfin, l'expression du coefficient d'induction mutuelle de la nappe sphérique

et du solénoïde inducteur indéfini se déduit de l'expression $e = -jM\omega I_i$. On trouve

$$M = \frac{8}{3}\pi^2 na^2\left[1 + \frac{9\varepsilon^4}{4a^2e^2}\right]^{\frac{1}{2}}, \qquad \text{soit} \quad M = \frac{8}{3}\pi^2\sqrt{2}\,na^2 \quad \text{à l'optima.}$$

Ces résultats simples, non encore connus, sont susceptibles d'applications pratiques, en particulier dans la technique des hautes fréquences.

ÉLECTRONIQUE. — *Décade de compteur électronique. Indication directe du résultat par voyants au néon.* Note de M. **André Peuteman**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Une décade de compteur électronique a été constituée au moyen d'une échelle dite *de deux* et d'une échelle dite *de cinq* (1). L'échelle de deux est formée d'une triode double dont les deux sections sont couplées plaque à grille par résistances. Cette échelle possède deux états stables, caractérisés par la conduction de l'une des deux sections, l'autre étant alors bloquée (ne conduisant pas le courant). On passe d'un état stable à l'autre au moyen d'impulsions négatives de courte durée appliquées à l'ensemble des deux grilles.

L'échelle de cinq est constituée de cinq triodes réparties en deux triodes doubles et une section d'une autre triode double, la section non utilisée de cette dernière servant au couplage entre les deux échelles. On obtient ainsi une décade, composée seulement de quatre lampes doubles, du type miniature. La cadence maxima de comptage de cette décade est de 120 000 impulsions par seconde.

L'échelle de cinq possède cinq états stables, caractérisés par la conduction d'une triode, les quatre autres étant bloquées; ceci est obtenu en commandant la grille de chaque triode par les tensions anodiques des quatre autres. On passe d'un état stable, caractérisé par la conduction d'une triode, à l'état voisin, caractérisé par la conduction de la triode voisine, au moyen d'impulsions positives appliquées à l'ensemble des cathodes de l'échelle de cinq. Le sens de la progression est fixé par des condensateurs reliant l'anode de chaque triode à la grille de la triode voisine, jusqu'à l'anode de la dernière triode. Celle-ci, reliée à la grille de la première, réalise une chaîne fermée.

Pour éviter la réaction de l'échelle de cinq sur l'échelle de deux, une triode à charge cathodique est interposée; sa grille est attaquée par les impulsions obtenues par dérivation de la tension anodique de la section 1 de l'échelle de deux (*fig.* 1). Les conditions à remplir sont les suivantes : d'une part, il faut éviter d'appliquer des impulsions négatives de trop grande amplitude sur les cathodes de l'échelle de cinq, pour ne pas provoquer de basculements intem-

---

(1) P. Naslin et A. Peuteman, *Revue Générale de l'Électricité*, 1948.

pestifs de celle-ci. D'autre part, pour conserver aux impulsions positives leur acuité, malgré l'importante capacité cathodes-masse de l'échelle de cinq, le produit de cette capacité par la résistance de charge en régime variable de la

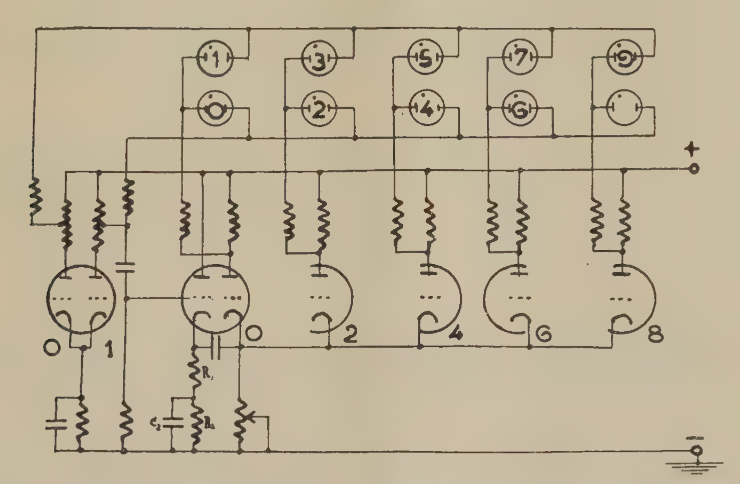


Fig. 1. — Schéma simplifié de la décade, montrant la lampe de liaison et le système indicateur.

lampe de liaison doit rester faible devant la durée des impulsions. C'est pourquoi la charge cathodique est constituée par une résistance faible R_1, qui est mise en série avec une résistance élevée R_2, connectée en parallèle sur un condensateur C_2 de capacité élevée.

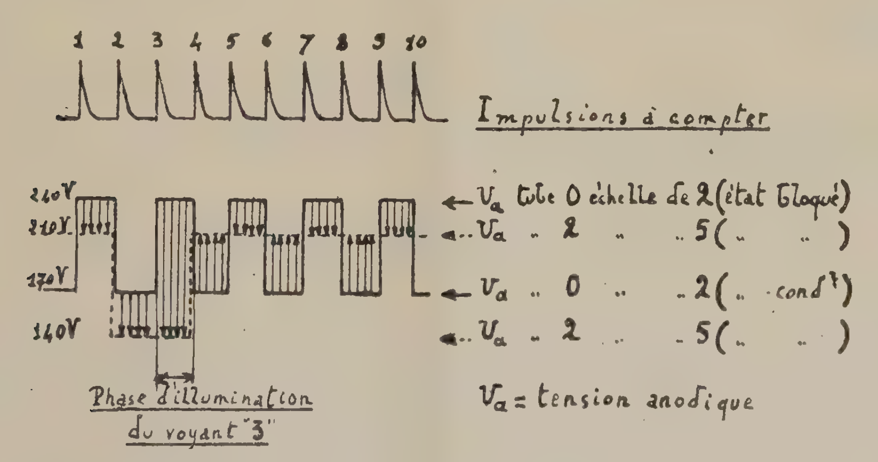


Fig. 2. — Tension aux bornes du voyant « 3 » en cours de fonctionnement.

Une indication directe à l'aide de dix voyants au néon à faible consommation a été obtenue en reliant (*fig.* 2) les bornes de gauche de ces voyants, par paire, aux anodes des triodes de l'échelle de cinq. La parité du nombre d'impulsions comptées est discriminée par la connexion des bornes de droite des voyants

pairs à l'anode de la section 1 de l'échelle de deux et des bornes de droite des voyants impairs à la section 2 de celle-ci. De cette façon, un voyant ne s'illumine que s'il est connecté entre l'anode d'une section non conductrice de l'échelle de deux et une section conductrice de l'échelle de cinq. Dans tous les autres cas, il sera éteint. La figure 2 montre, à titre d'exemple, la tension appliquée, en cours de fonctionnement, au néon 3 de la décade.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *L'amortissement des ondes électriques transitoires ou périodiques par les causes intérieures aux conducteurs, lors de leur propagation le long des lignes aériennes.* Note (*) de M. **René Pélissier**, présentée par M. Georges Darrieus.

La répartition de la densité de courant dans les câbles et dans le sol n'est pas homogène. L'amortissement des ondes qui en résulte est calculé à partir des équations de Maxwell et est donné par une formule simple. La théorie exposée est une généralisation et une simplification des théories de Carson et Pollaczek.

La propagation des ondes transitoires ou périodiques a toujours été étudiée à partir de l'équation des télégraphistes. Dans l'état actuel de la technique la représentation ainsi obtenue des phénomènes a une précision insuffisante.

On se bornera ici à établir des équations exactes dans le cas d'une ligne aérienne constituée soit par deux fils métalliques soustraits à l'influence du sol, soit par un seul fil métallique avec retour par le sol.

Sur un contour s'appuyant sur les génératrices en regard des conducteurs et fermé par deux lignes de force distantes de dx,

$$\int_C \overline{E}\,\overline{dl} = -\frac{d}{dt}\iint_S \overline{B}\,\overline{ds}. \tag{1}$$

Sur un autre contour, limité par deux équipotentielles distantes de dx, on écrit

$$\int_C \overline{H}\,\overline{dl} = 4\pi\iint_S \left(\overline{I} + \frac{\overline{\partial j}}{\partial t} + \frac{1}{4\pi v_0^2}\,\frac{\overline{\partial E}}{\partial t}\right)\overline{ds}. \tag{2}$$

L'emploi du calcul symbolique permet d'écrire des formules valables aussi bien en régime transitoire, qu'en régime sinusoïdal. Appelons C la capacité entre les conducteurs, ρ_1 et ρ_2 les résistivités, v_0 le rapport des unités électromagnétiques et électrostatiques, $Q_0(x)$ et $I_0(x)$ les répartitions initiales de la charge linéique et du courant. Les transformées de Laplace de la charge linéique du courant et des densités superficielles de courant sur les génératrices en regard des deux conducteurs seront notées respectivement : $q(x, p)$, $i(x, p)$, $w_1(x, p)$ et $w_2(x, p)$.

(*) Séance du 12 juin 1950.

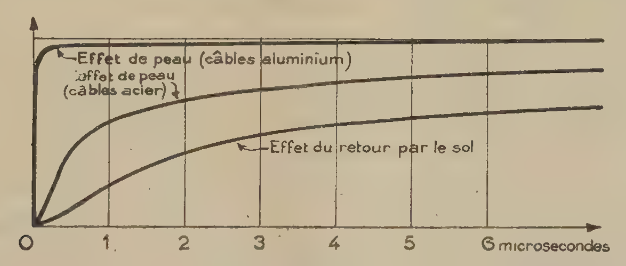
Enfin le courant de fuite entre les deux conducteurs est supposé négligeable. Les équations ci-dessus s'écrivent

$$(3)\quad \begin{cases} -\dfrac{\partial q}{\partial x} = C(\rho_1 w_1 - \rho_2 w_2) + \dfrac{1}{v_0^2}(pi - I_0), \\ -\dfrac{\partial i}{\partial x} = pq - Q_0. \end{cases}$$

Dans le cas de la ligne constituée par deux fils métalliques et pour les durées inférieures à la milliseconde, le calcul de l'effet de peau conduit à l'expression

$$(4)\quad w_1 = i\left(\frac{1}{4\pi r_1^2} + \frac{1}{r_1}\sqrt{\frac{\mu_1 p}{\pi \rho_1}}\right).$$

Pour étudier l'amortissement il est commode de se placer dans le cas particulier d'une ligne infiniment longue, soumise à son origine et à partir du repos



Amortissement d'une onde à front raide (échelon unité) après 10 km de parcours sur une ligne à haute tension.

à l'échelon de tension U (onde à front infiniment raide). Pour des temps ne dépassant pas quelques millisecondes et à 1 % près, on a, avec

$$(5)\quad b_P = C v_0^2 \frac{1}{r}\sqrt{\frac{\mu\rho}{\pi}}, \qquad a_P = C v_0^2 \frac{\rho}{4\pi r^2};$$

$$(6)\quad Q(x, t) = CU_0 e^{-a_P \frac{x}{v_0}}\left(1 - erf\,\frac{b_P x}{2 v_0\sqrt{t - \dfrac{x}{v_0}}}\right).$$

Dans le cas où la ligne est constituée d'un fil unique avec retour par le sol, la résolution du problème nécessite d'autres hypothèses qui sont en fait vérifiées dans les cas pratiques. Il faut en particulier supposer que la répartition des charges à la surface du sol se fait suivant la même loi qu'en électrostatique. La densité superficielle de courant dans le sol, à l'aplomb du fil est alors

$$(7)\quad w_0 = \frac{2 v_0^2}{h\sqrt{\pi\rho p}}\frac{\partial q}{\partial x}.$$

En posant

$$b_S = C v_0^2 \frac{2}{h}\sqrt{\frac{\rho}{\pi}},$$

expression semblable à celle de b_P, mais où ρ représente cette fois la résistivité du sol (si bien que b_S est 10 à 100 fois supérieur à b_P), on peut écrire, à la place de (6) :

$$(8) \qquad Q(x, t) = CU_0 e^{-\frac{3b_S^2}{8}\frac{x}{v_0}}\left(1 - erf\frac{(b_S + b_P)\,x}{4v_0\sqrt{t - \frac{x}{v_0}}}\right).$$

Les résultats obtenus s'étendent facilement au cas d'une excitation quelconque de la ligne.

En particulier pour une onde sinusoïdale de fréquence supérieure au kilocycle par seconde, le facteur d'amortissement est

$$(9) \qquad \delta = \frac{b_P}{\sqrt{2\omega}}\frac{\omega}{v_0} \qquad \text{ou} \qquad \delta = \frac{b_S + b_P}{2\sqrt{2\omega}}\frac{\omega}{v_0},$$

suivant que la propagation a lieu entre deux fils ou un fil et le sol; de plus la vitesse de phase devient

$$(10) \qquad v = v_0\left(1 - \frac{b_P}{\sqrt{2\omega}}\right) \qquad \text{ou} \qquad v = v_0\left(1 - \frac{b_S + b_P}{2\sqrt{2\omega}}\right).$$

Pour la fréquence 50 la théorie montre que la vitesse de phase est diminuée de 3 % dans la propagation entre deux fils et de 35 % environ dans la propagation homopolaire. Ces chiffres théoriques sont en parfait accord avec les mesures faites par Fallou en 1932.

La théorie exposée généralise donc les théories de Carson et Pollaczek établies pour les régimes sinusoïdaux. Elle a l'avantage d'être plus simple.

ÉLECTRO-ACOUSTIQUE. — *Développement et application pratique de l'expérience de Melde.* Note (*) de M. **Maurice Martenot**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

L'absence de résonance propre du diffuseur à membrane de carton ressort singulièrement lors de l'emploi avec un instrument électrique. Pour y obvier, il est réalisé un diffuseur à multi-résonateurs accordés constitués par des cordes vibrantes ébranlées simultanément suivant un principe nouveau. La qualité du timbre est exceptionnelle et les sons acquièrent un relief stéréophonique. Les applications sont multiples.

Principe. — Après avoir réalisé un nouveau type de diffuseur à multi-résonateurs accordés, l'auteur s'aperçut que le principe de son invention comportait une relation étroite avec l'expérience de Melde. Les différences avec cette dernière sont : *a.* au lieu de fixer une corde à un diapason, celle-ci est

(*) Séance du 5 juin 1950.

reliée à une palette pouvant suivre les impulsions d'un courant modulé de fréquence variable; *b.* l'expérience est développée *en entraînant simultanément* par cette palette *plusieurs cordes différemment accordées; c.* ce nouveau principe d'entraînement simultané des cordes est appliqué à un diffuseur dans lequel les cordes transmettent leurs vibrations à une caisse de résonance appropriée.

Réalisation. — Sur celle-ci, 12 cordes d'acier sont fixées entre des tendeurs à vis micrométriques permettant l'accord, et une pièce métallique commune à toutes les cordes. Cette pièce, mobile transversalement à l'axe des cordes constitue un *sillet vibrant.* Placée dans l'entrefer d'un électro-aimant parcouru par des courants modulés, elle peut osciller en entraînant l'ensemble des cordes par leur extrémité, les vibrations de ces dernières étant transmises à la caisse de résonance par des chevalets individuels. Un dispositif analogue est placé sur l'autre face de la caisse. Le diamètre des cordes va de 49/100 à 65/100. Leur longueur, de 44^{cm} à 63^{cm}. Elles sont accordées chromatiquement sur toutes les notes du Do 2 au Si 2 inclus. Un courant modulé produit par un générateur quelconque, un instrument de musique électronique par exemple, permet l'ébranlement simultané de toutes les cordes par le sillet vibrant. Seules entrent en vibration celles présentant un rapport simple ou un rapport harmonique avec la fréquence d'excitation.

Particularités. — Que la corde excitée ainsi vibre en fondamentale ou en harmonique, les oscillations conservent une très grande perfection de forme et produisent donc des sons très purs. On conçoit que le principe qui consiste à ébranler simultanément toutes les cordes permettent de faire appel individuellement au son fondamental et à ses multiples harmoniques naturelles, chacune des cordes vibrant en toute indépendance. Un tel dispositif crée donc un son riche par synthèse de sons individuellement purs. Cette caractéristique est particulièrement sensible dans la période d'émission du son, alors que dans les instruments traditionnels, le timbre est toujours plus ou moins altéré par des vibrations parasitaires inhérentes au mode d'ébranlement, qu'il soit frappe, frottement ou pincement. (Le mode d'ébranlement par action magnétique directe sur les cordes, qui fut essayé sur les pianos, ne saurait être comparé en raison du temps nécessaire à la mise en vibration des cordes). L'amplitude des oscillations obtenues même quand les cordes vibrent en harmoniques (l'harmonique 7 est nettement perceptible) donne à ce dispositif de 12 cordes réparties sur une seule octave, une étendue pratique de 6 octaves, pour laquelle 72 cordes seraient normalement nécessaires. Notons que les sons inférieurs à l'Ut 2 sont parfaitement audibles, bien que n'étant pas représentés par des cordes correspondantes : *a.* en raison de la transmission d'une partie des vibrations de la palette à la caisse de résonance par l'intermédiaire de l'ensemble des cordes; *b.* parce que toutes les cordes présentant un rapport harmonique avec les sons joués entrent en vibration et provoquent en quelque sorte par extrapolation l'impression du son fondamental.

Applications pratiques. — Actuellement, les appareils reproducteurs ou producteurs de sons sont constitués par des membranes apériodiques, aux oscillations très amorties. Il en résulte, dès l'interruption du courant modulé, une brusque interruption du son. Ici, au contraire, l'action *directe* sur des résonateurs accordés, permet, tout en conservant les avantages d'une faible inertie à l'ébranlement, d'obtenir des vibrations libres succédant à chaque vibration forcée, même si la durée des premières est très courte. Grâce à cette résonance, l'instrument crée lui-même une ambiance acoustique qui rend négligeable, dans une grande proportion, les caractéristiques acoustiques du lieu. Ainsi, même dans une pièce de faible volume et particulièrement amortie, les sons semblent émis dans une vaste salle, voire une cathédrale. En même temps, la matité toujours reprochée aux diffuseurs à membrane de carton, fait place à un enrichissement du timbre et à une certaine stéréophonie.

C'est au premier chef avec les instruments de musique électriques ou radioélectriques que cet appareil trouve son emploi, mais l'on peut envisager que sous des formes diverses, il sera utilisé par les appareils de reproduction musicale de qualité : récepteurs de radio, électrophones, etc. En outre, une importante application pratique est actuellement à l'étude en vue de constituer avec cet appareil une chambre d'écho de très faible volume, aisément transportable, infiniment moins coûteuse que les installations actuelles et qui aura sa place dans tous les studios d'enregistrement : radiodiffusion, disques, films, etc.

OPTIQUE. — *Transformateur d'ouverture numérique pour objectif de microscope.* Note (*) de MM. **Maurice Françon** et **Georges Nomarski**, présentée par M. Armand de Gramont.

Le dispositif se place entre la préparation et un objectif ordinaire de microscope. Il est constitué par un système aplanétique qui multiplie l'ouverture numérique $\sin u$ d'un objectif à sec par un facteur égal à l'indice n du liquide d'immersion utilisé. Son grossissement propre est égal à $-n$.

L'appareil que nous avons étudié est représenté schématiquement par la figure 1. Il se compose d'une demi-boule de verre de diamètre CD coupée à la moitié du rayon par le plan AB. Le plan AB appartenant à l'une des deux parties est rendu semi-réfléchissant.

Un petit écran opaque E est placé au centre de AB. Les deux parties de la demi-sphère sont ensuite recollées.

La partie supérieure est creusée par un dioptre de centre M′ symétrique du centre M de la sphère AM′B par rapport au plan AB. On argente enfin la calotte AI, JB.

La préparation étant en M, un rayon quelconque de lumière MP traverse la

(*) Séance du 12 juin 1950.

couche semi-réfléchissante AB en N. Une moitié est réfléchie vers le bas et peut être considérée comme perdue. L'autre moitié tombe en P sur l'argenture, revient en N et le quart de la lumière incidente aboutit en M' au centre du dioptre. Grâce à l'écran opaque E, la lumière ne peut pénétrer directement dans l'objectif du microscope sans avoir choisi le trajet précédent.

Soient n l'indice de la demi-boule, y la dimension d'un petit objet placé en M et y' la dimension de l'image en M'; la relation des sinus donne

$$ny \sin u = y' \sin u$$

u étant l'angle d'ouverture maximum.

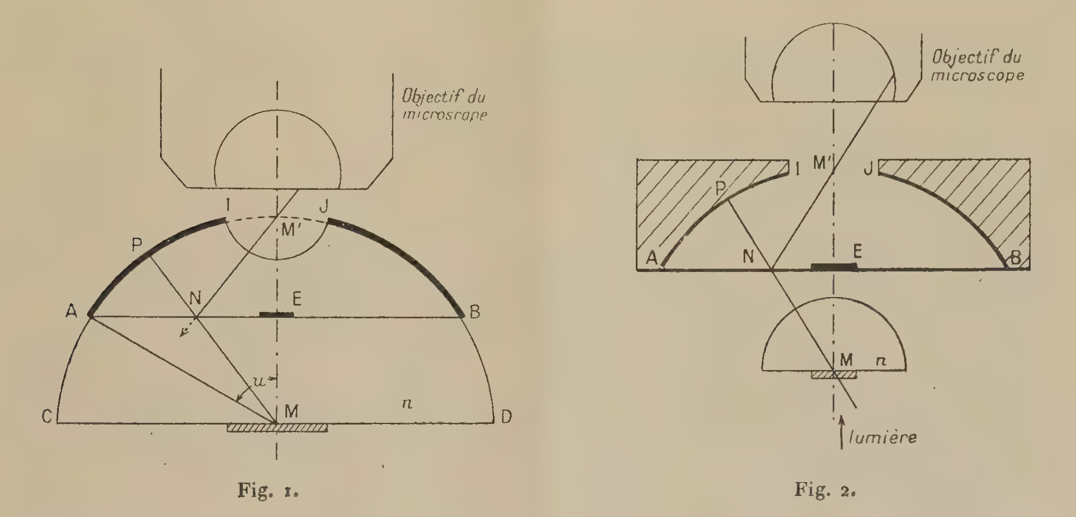


Fig. 1. Fig. 2.

Si $u = 60°$ (cas de la figure) et si l'ouverture d'un objectif à sec est $\sin u = 0,86$ on peut obtenir avec un liquide d'immersion d'indice $n = 1,68$ une ouverture numérique $n \sin u = 1,68 . 0,86 = 1,45$.

Il est possible d'améliorer le système en abaissant le plan AB vers CD.

On peut obtenir au maximum $u = 72°$, c'est-à-dire utiliser un objectif à sec d'ouverture $\sin u = 0,95$ et travailler effectivement avec une ouverture $1,68 . 0,95 = 1,60$.

Le rayon r du dioptre ne devra pas être trop grand, afin que la diaphragmation centrale du miroir AM'B qui en résulte reste dans les limites admises par la règle de Lord Rayleigh. D'autre part, le rayon R de la demi-boule doit être assez grand pour que l'astigmatisme ne soit pas gênant dans un demi-champ utilisable d'environ $0^{mm},1$, suffisant avec les objectifs puissants.

Si λ est la longueur d'onde utilisée on peut écrire

$$n\left[\frac{2}{R} + \frac{n-1}{r}\right] \leq \frac{400\lambda}{\sqrt{2 \sin^2 u}}.$$

Notons que la courbure de champ du dioptre étant inverse de celle de la

sphère, il est possible, pour l'ensemble du dispositif et du microscope, de diminuer la courbure de champ.

On peut donner à ce problème une deuxième solution en remplaçant la demi-boule par un miroir sphérique concave de centre M et en plaçant contre la préparation une lentille dont la face sphérique a pour centre le même point M (*fig.* 2). La réflexion en N se fait sur une lame de verre semi-réfléchissante. Les aberrations introduites par cette dernière lame peuvent être compensées par une déformation convenable de sa surface ou en plaçant un élément correcteur après l'objectif.

SPECTROGRAPHIE. — *Spectre d'absorption du chlorure de méthyle gazeux à* $1^{\mu},6$. Note de Mme **Raymonde Mathis-Noël**, présentée par M. Jean Cabannes.

La molécule de chlorure de méthyle a un axe de symétrie d'ordre 3 et appartient au groupe C_{3v}.

Ses vibrations fondamentales sont au nombre de 6, trois totalement symétriques parallèles A_1 (ν_1, ν_3, ν_5) et trois dégénérées perpendiculaires E (ν_2, ν_4, ν_6). Elles ont été déterminées par Bennett et Meyer (1) et par Barker et Plyler (2). L'observation des spectres a cependant montré sept bandes fortes dont quatre parallèles; deux de celles-ci à 2878 cm^{-1} et 2966 cm^{-1} constituent un doublet qui a pu être expliqué par résonance de Fermi entre la vibration parallèle ν_1 et le sous-niveau parallèle de l'harmonique $2\nu_4$ ($A_1 + E$) [Adel et Barker (3)]. Les fréquences des sept bandes fortes observées s'interprètent alors ainsi :

$$(\nu_1,\ 2\nu_4) \left\{ \begin{array}{l} 2878\ \text{cm}^{-1}\ \parallel, \\ 2966\ \text{cm}^{-1}\ \parallel, \end{array} \right. \qquad \nu_3\ \ 1355\ \text{cm}^{-1}\ \parallel, \qquad \nu_6\ \ 732\ \text{cm}^{-1}\ \parallel,$$

$$\nu_2\ \ 3042\ \text{cm}^{-1}\ \perp, \qquad \nu_4\ \ 1455\ \text{cm}^{-1}\ \perp, \qquad \nu_6\ \ 1015\ \text{cm}^{-1}\ \perp.$$

Nous avons étudié le spectre d'absorption de ce corps dans la région de l'harmonique $n = 2$ de la vibration C — H à $1^{\mu},6$ (4), au moyen d'un spectrographe à réseau décrit antérieurement (5). Nous avons obtenu un ensemble de bandes assez complexe (*fig.* 1), dont l'origine peut être expliquée par diverses combinaisons binaires entre les fréquences ν_1, ν_2, $2\nu_3$, $2\nu_4$ et les fréquences de résonance (ν_1, $2\nu_4$) (ν_1, $2\nu_3$) (ν_2, $2\nu_4$), qui peuvent être aussi

---

(1) *Phys. rev.*, **32**, 1928, p. 888.

(2) *J. of Chem. Phys.*, 3, 1935, p. 367.

(3) *J. of Chem. Phys.*, 2, 1934, p. 627.

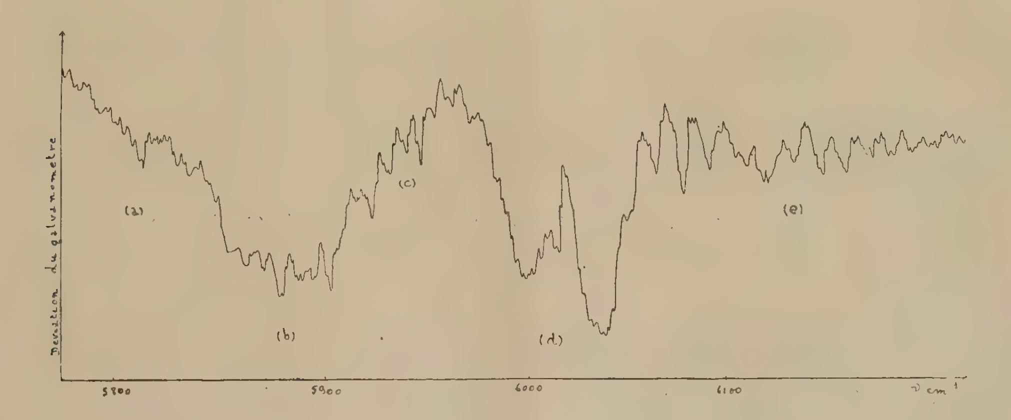
(4) A. H. Nielsen and E. F. Barker, *Phys. Rev.*, **46**, 1934, p. 970; J. G. Moorhead, *Phys. Rev.*, 39, 1932, p. 83.

(5) A paraître, *J. de Phys.*

envisagées puisqu'elles sont susceptibles de faire intervenir chacune deux niveaux ou sous-niveaux de même genre.

ν_1 du type $A_1 \parallel$,
$2\nu_4$ du type $A_1 \parallel + E \perp$;
ν_1 du type $A_1 \parallel$,
$2\nu_3$ du type $A_1 \parallel$;
ν_2 du type $E \perp$,
$2\nu_4$ du type $E \perp + A_1 \parallel$.

La résonance $(\nu_2, 2\nu_3)$ se produirait entre des niveaux de genres différents $(\nu_{2\perp}, 2\nu_3\parallel)$ et ne peut avoir lieu.



Parmi les différentes combinaisons possibles, la nature des bandes observées nous a amené à conclure à l'existence de quatre bandes perpendiculaires et d'une bande parallèle, dont les fréquences sont indiquées dans le tableau I.

TABLEAU I. — *Bandes de* CH_3Cl *à* 1μ,6.

ν observées.	Type.	Interprétation.
(*a*) 5 802	$\perp$	$\nu_2 + (\nu_1, 2\nu_3, 2\nu_4)$ (E)
(*b*) 5 862	$\perp$	$\nu_2 + (\nu_1, 2\nu_3, 2\nu_4)$ (E)
(*c*) 5 932	$\perp$	$\nu_2 + (\nu_1, 2\nu_3, 2\nu_4)$ (E)
(*d*) 6 008	$\parallel$	$2\nu_2(A_1)$
(*e*) 6 102	$\perp$	$2\nu_2(E)$

Les bandes (*d*) et (*e*), vers les grandes fréquences ont été attribuées à l'harmonique 2 de la vibration perpendiculaire ν_2; ν_2 est du type E; $2\nu_2$ est du type A + E.

Les bandes (*a*), (*b*), (*c*) vers les basses fréquences ont été attribuées à la combinaison $\nu_2 + (\nu_1, 2\nu_3, 2\nu_4)$. Le symbole $(\nu_1, 2\nu_3, 2\nu_4)$ représente une double résonance entre les niveaux $\parallel$ ν_1 et $2\nu_3$ et sous le niveau $\parallel$ de $2\nu_4$. Cette double résonance entre trois niveaux parallèles donnerait naissance à trois

vibrations || A_1 et leur combinaison avec $\nu_2(E)$ expliquerait les trois vibrations $\perp(E)$ que l'on observe.

Cette interprétation serait en accord avec celle qu'ont proposée K. P. Yates et H. H. Nielsen (6) pour le spectre à $3^\mu,4$ de CH_3F (analogue à CH_3Cl). Ces auteurs observent dans la région de $3^\mu,4$ trois bandes parallèles, attribuées à la double résonance.

SPECTROPHOTOMÉTRIE. — *Absorption de l'ozone dans la région des bandes de Huggins. Influence de la température.* Note de M. **Ernest Vigroux**, présentée par M. Jean Cabannes.

J'ai repris ces mesures, déjà faites plusieurs fois (1) mais avec des résultats notablement différents. Le spectrographe, ouvert à *f*/9 a une dispersion de 31^{mm} entre 3 660 et 3 021 Å. La source est un tube à hydrogène. Au-dessous de 18°, on obtient des paliers de température en compensant partiellement le refroidissement produit par de la glace carbonique par l'effet Joule dans un conducteur enroulé sur le tube d'absorption. Les températures sont repérées à l'aide d'un thermomètre à résistance disposé à l'intérieur du tube d'absorption.

Pour les températures supérieures à 18°, le tube d'absorption a 3^m de long. Un conducteur enroulé régulièrement permet de réaliser la température voulue, que l'on repère à l'aide d'un thermomètre à mercure, laissé à l'intérieur du tube avant de le fermer.

Les résultats de très nombreuses mesures sont condensés dans le tableau suivant. En haut de chaque colonne on a indiqué la température. Les astérisques marquent les maxima et les minima principaux. Les valeurs données sont celles des coefficients d'absorption multipliées par 10^3.

λ.	—92°.	—75°.	—59°.	—44°.	—30°.	18°.	50°.	85°.	120°.
3455........	–	–	–	–	–	9,9	16,2	27,7	41,2
3451....	–	–	–	–	–	8,1	13,6	17,7	31,8
3439*.......	–	–	–	–	–	21,5	24,8	29,1	46,1
3433....	–	–	–	–	–	11,9	18,9	26,0	43,1
3429........	–	–	–	–	–	13,6	21,6	30,5	53,2
3426*...	–	–	–	–	–	8,9	16,7	25,0	42,0
3419........	–	–	–	–	–	11,0	18,5	26,5	46,8
3417....	–	–	–	–	–	9,5	16,1	23,4	41,2
3403*.......	31,6	30,8	31,0	31,0	32,0	36,0	41,2	51,6	77,0
3401....	–	–	–	–	–	21,4	32,7	44,5	70,3
3398........	–	–	–	–	–	23,3	33,7	46,3	74,1

(6) *Phys. Rev.*, 71, 1947, p. 399.

(1) Wulf et Melvin, *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 330; E. Vassy, *Thèse de doctorat*, 1937; Barbier et Chalonge, *Ann. de Phys.*, 17, p. 272.

λ.	−92°.	−75°	−59°.	−44°.	−30°.	18°.	50°.	85°.	120°.
3391* ...	–	–	–	–	–	16,9	27,5	37,8	62,4
3372*	56,7	53,8	51,9	50,9	51,5	58,0	64,9	76,9	111
3369....	27,8	26,7	28,0	31,0	30,9	39,5	49,8	62,5	95,5
3365........	33,3	34,7	32,5	34,4	34,3	42,5	52,2	66,1	102
3357* ...	–	–	–	–	–	27,3	37,4	51,7	83,9
3338*	79,8	78,2	74,9	73,3	75,3	85,5	99,4	116	166
3334....	32,5	33,7	34,2	36,2	37,7	55,0	–	–	–
3332........	35,0	35,1	35,7	36,9	40,0	58,0	–	–	–
3328* ...	25,4	27,3	28,2	28,6	31,8	43,0	59,3	78,4	123
3312*	110	104	102	103	106	119	135	160	220
3309....	71,4	70,6	71,2	72,3	75,4	94,0	110	135	194
3303........	89,6	89,6	87,3	88,9	90,4	104	122	146	209
3299* ...	37,4	36,4	37,5	41,0	46,0	67,5	89,2	116	178
3295........	40,6	35,4	35,9	–	–	–	–	–	–
3292....	33,8	29,7	32,7	–	–	–	–	–	–
3279*	190	174	171	170	172	183	200	230	298
3275....	94,7	91,6	91,7	91,7	100	123	149	185	268
3272....* ...	111	106	104	107	111	135	161	198	276
3269* ...	57,3	57,9	63,3	67,4	75,1	107	136	183	262
3255........	181	172	172	177	182	210	236	270	360
3253....	160	160	162	166	171	202	227	259	351
3248*	255	244	236	233	235	252	275	306	411
3245....	129	129	130	135	141	180	211	255	363
3242........	134	134	134	136	145	184	220	265	379
3239* ...	86,1	91,0	97,4	106	117	163	201	249	366
3226........	309	299	293	296	300	329	358	393	520
3223....	237	246	246	252	260	298	335	376	505
3220*	332	313	307	304	308	338	369	405	542
3216* ...	180	179	183	189	201	250	302	352	492
3210........	189	185	189	197	211	265	285	–	–
3209....	171	171	178	189	204	255	290	–	–
3200*	423	402	395	398	406	450	480	523	701
3199....	351	349	342	346	355	412	454	505	681
3194........	388	384	376	377	387	444	477	528	716
3190* ...	263	259	267	280	295	363	421	482	675
3176*	533	508,5	500	510	528	584	627	662	854
3173....	452	437	438	449	469	546	598	639	850
3170........	483	471	470	480	498	577	629	672	883
3167* ...	410	403	410	425	451	542	602	656	867
3154*	688	649	640	654	676	754	789	846	1086
3151* ...	561	542	544	563	591	694	750	822	1063
3148, ...	587	568	571	591	616	731	1006	–	–
3146....	558	545	555	575	605	723	986	–	–
3135*	856	815	813	832	859	960	–	–	–
3130* ...	773	740	744	767	801	923	–	–	–
3113*	1120	1050	1046	1071	1111	1270	–	–	–
3112* ...	1072	1014	1016	1051	1094	1220	–	–	–
3107*	1204	1141	1146	1179	1221	1360	–	–	–
3106* ...	1160	1104	1116	1161	1209	1300	–	–	–

Ces résultats confirment ceux de Barbier et de Chalonge :

a. Les coefficients d'absorption des maxima varient entre — 92 et 18° C, ils passent par un minimum vers — 60°.

b. Les coefficients des minima ne varient pas linéairement avec la température.

c. Quand la longueur d'onde décroît, le minimum présenté par les maxima d'absorption s'atténue en valeur relative et les minima d'absorption tendent aussi à avoir une valeur minimum aux basses températures, c'est-à-dire qu'à mesure que les bandes s'estompent, l'allure des variations des coefficients d'absorption avec la température tend à devenir la même pour les maxima et les minima.

d. Les variations des coefficients deviennent considérables aux températures assez élevées.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Remarques au sujet du pouvoir rotatoire magnétique des solutions et de sa variation thermique.* Note de M[lle] **Marie-Claire Ollivier**, présentée par M. Gustave Ribaud.

1. La solution étudiée occupe, entre galets légèrement prismatiques, une petite cuve dans un champ magnétique maintenu constant ($lH = 38\,500$ u. é. m.). Pendant que sa température t, à tout moment connue à 0°,05 près, *s'élève* très lentement, de nombreuses mesures de la rotation θ sont faites (5460 Å). Puis on pose : θ (ou $-\theta$) $= a - bt + Y$ (a, b, constantes). La courbe $Y(t)$ peut présenter des clasties comme cela a été indiqué (1) pour d'autres propriétés.

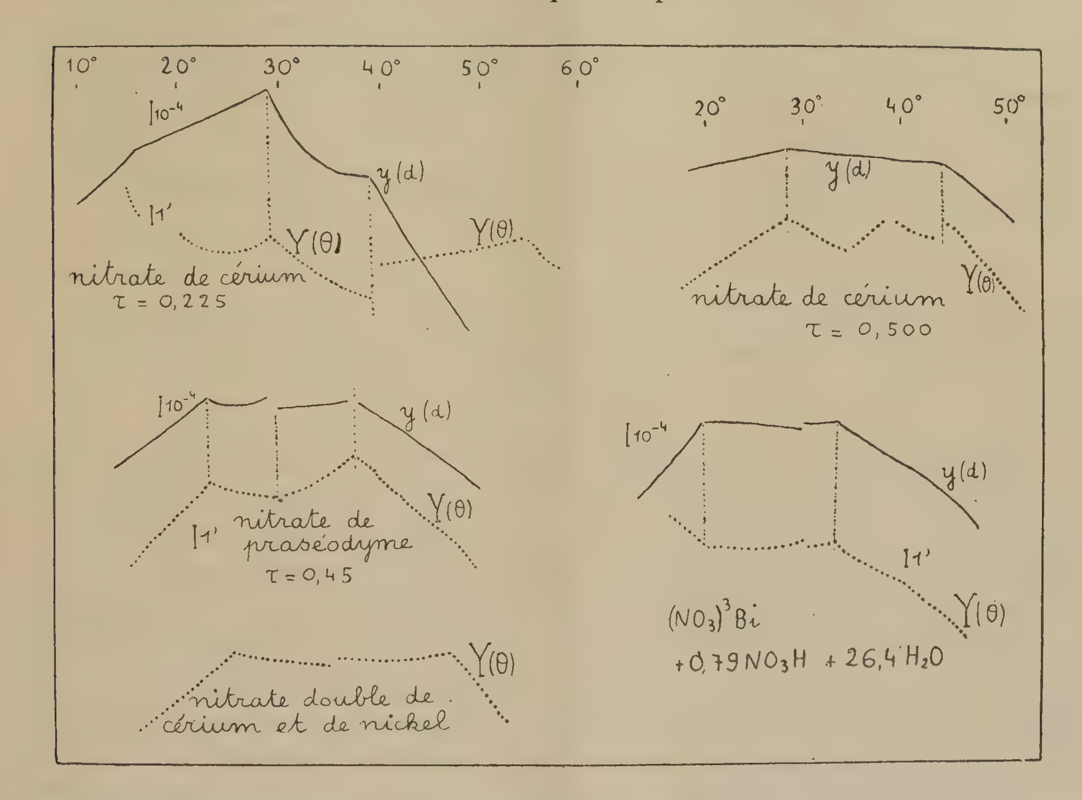
Cela s'observe notamment pour des corps négatifs (2) à forte variation thermique (nitrates de cérium, de praséodyme, nitrates doubles de Ce et Ni, Ce et Mn); parmi les corps positifs de médiocre variation thermique, je ne puis citer actuellement que le nitrate de bismuth en solution nitrique. Aux incertitudes expérimentales près, les clasties ont lieu aux mêmes températures que pour la densité d; il arrive qu'on ne les retrouve pas dans la variation de θ/d et par suite du pouvoir rotatoire magnétique spécifique G du corps dissous.

Les courbes ci-jointes indiquent les variations des excédents y pour les den-

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948 p. 1012 et **228**, 1949 p. 984 et p. 1697. a et b sont choisis de façon à annuler Y en deux points de l'intervalle exploré (2° à 80°).

(2) Parmi les publications relatives à ces corps, *voir* celles de H. Ollivier, *Ann. Phys.*, **11**, 1939. p. 461; Pillai, *Indian J. of Phys.*, **7**, 1932, p. 5; Dupouy, Henny, Scherer, Roberts, Gorter et Slack (*passim*); Fert, *Ann. de Toulouse*, 1949 et les Mémoires cités par ces savants; pour les discussions relatives à la loi d'additivité et au facteur $k = n(n^2 + 2)^{-2}$ celles de de Mallemann et de ses collaborateurs. Je n'ai pas eu a introduire ce facteur k, les solutions que j'ai mélangées ayant des indices n très voisins (*loc. cit.*). Il y en a probablement aussi à des températures plus basses et plus hautes.

sités *d* et Y pour les rotations θ, dans le cas de deux solutions de nitrate de cérium, de solutions de nitrate de praséodyme, de nitrate double de Ce et Ni, de nitrate de bismuth. Les clasties indiquées se placent sur la courbe VIII.



2. J'ai mélangé des solutions et obtenu notamment les sels doubles classiques $2(NO_3)_3Ce$, $3(NO_3)_2M$ (M est Ni, Mn, Mg, ...) qui donnent de beaux cristaux, avec $24H_2O$; préparé des solutions des sels constituants, diluées jusqu'au titre obtenu dans le mélange; et étudié les rotations de toutes.

Soit μ_0, μ_1, μ_2, μ_3, ... les masses d'eau et des corps anhydres formant 1^g du mélange; α_1 et ρ_1 la constante de Verdet et la rotation observée pour l'eau à la température fixe t_1; et à la température t (variable) θ et *d* la rotation et la densité du mélange, G_1, G_2, G_3, ... les pouvoirs rotatoires magnétiques spécifiques des corps anhydres dissous dans les conditions du mélange. La loi d'additivité peut ici s'écrire

$$(V)\qquad \frac{\theta}{d}\,\frac{\alpha_1}{\rho_1} = \frac{\alpha}{e}\mu_0 + G_1\mu_1 + G_2\mu_2 + G_3\mu_3 + \ldots.$$

Bien que le tableau des rotations puisse souvent présenter un aspect paradoxal[3]

---

[3] Exemple : Rotations à 20°. Eau + 595′. Solution S de nitrate double de Ce et Mn ($\tau = 0{,}410$) — 242′,8; solution de nitrate de Ce ayant même titre en cérium que S : — 91′,2; solution correspondante de nitrate de Mn : + 573′.

j'ai trouvé la formule (V) vérifiée, à moins de 3 °/₀₀ près, aux diverses températures, dans les mélanges de nitrates Ce et Mn, Ce et Ni, Mn et Bi (dans ce dernier cas, avec addition d'acide azotique; la vérification s'est faite à moins de 2 °/₀₀ près). Entre les corps indiqués, aucune trace de formation de composés n'a été décelée en solution par l'étude magnéto-optique. Par exemple, les nitrates de cérium et de manganèse (si dissemblables au point de vue des rotations) et qui donnent un sel double défini se comportent en solution chacun comme s'il était seul, dans l'intervalle de températures exploré, et même aux températures critiques.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Note sur le réglage automatique de tension des compteurs de Geiger*. Note (*) de M. **Claude Brachet**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Nous avons constaté, lors de mesures de contrôle industriel mobile pour des recherches de corrosions locales, que les indications obtenues au moyen de compteurs de Geiger manquaient de constance en raison des variations introduites par l'ajustement manuel de la tension appliquée au compteur.

Il est en effet difficile même pour un observateur exercé de se placer, d'une mesure à l'autre, au même point de fonctionnement du compteur, particulièrement lorsque le palier est peu étendu ou sa pente notable. On constate même que le seuil du palier peut se déplacer sensiblement au cours de la mise en route, rendant nécessaires des retouches successives du réglage.

Pour assurer aux mesures une plus grande fidélité et accroître leur précision nous avons réalisé un dispositif de réglage automatique de la tension appliquée au compteur ([1]) qui utilise l'accroissement d'amplitude des impulsions du compteur avec la tension appliquée à celui-ci et assure l'ajustement requis sans aucune intervention de l'opérateur. A cet effet la lampe triode ou penthode régulatrice de tension usuelle est commandée par un détecteur d'amplitude à seuil qui entre en action dès que cette amplitude dépasse une valeur déterminée et intervient dans le sens voulu pour réduire la tension appliquée. Le compteur se trouve ainsi maintenu à un point de fonctionnement bien défini, correspondant à une amplitude maxima d'impulsions toujours la même. Il importe toutefois pour éviter toute instabilité de rendre cette action régulatrice suffisamment progressive par un circuit tampon à résistance-capacité.

On peut aussi dans le même sens, moyennant quelques précautions appropriées, utiliser un réglage discontinu au moyen d'un thyratron déclenché par toute impulsion dépassant la valeur fixée, et dont la décharge réduise d'une

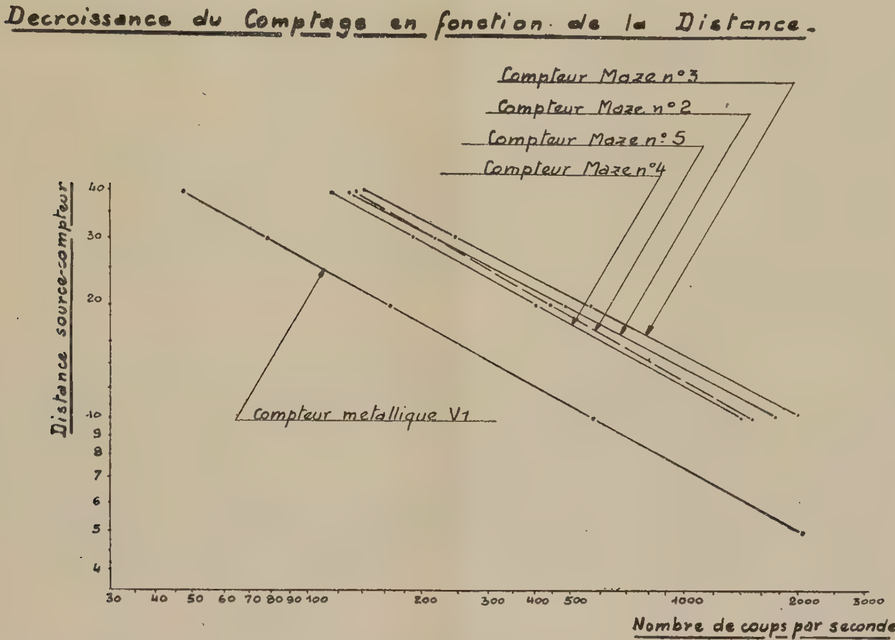
---

(*) Séance du 12 juin 1950.

([1]) Brevet français n° 565 384 du 29 décembre 1948.

quantité déterminée de l'ordre de quelques volts la tension appliquée au compteur.

On assure ainsi au compteur, en dehors de toute intervention de l'opérateur, des conditions de fonctionnement parfaitement constantes et reproductibles. La précision du réglage obtenu permet d'ailleurs d'opérer avec avantage avec des impulsions de très faible amplitude, de l'ordre d'une dizaine de millivolts,



qui correspondent à l'immédiat début du palier et même à la région de proportionnalité; il convient dans ce dernier cas d'utiliser un amplificateur suffisamment sensible pour enregistrer toutes les impulsions malgré leurs différences d'amplitude relative. On assure ainsi au compteur un temps mort d'impulsion réduit et une durée de vie accrue.

La finesse du réglage automatique ainsi assuré est particulièrement illustrée par le fait qu'il nous a permis d'utiliser directement, sans lampe auxiliaire de coupure, des compteurs à hydrogène dont le palier est dans ces conditions extrêmement réduit et hors d'atteinte du réglage manuel.

Ce réglage automatique rend possible l'emploi des compteurs à cathode externe pour les comptages à cadence élevée qui se présentent dans les applications industrielles. La tension appliquée au compteur se trouve en effet automatiquement relevée, dans la mesure voulue pour compenser à chaque instant la chute ohmique de tension qui se produit dans l'épaisseur du verre, et qui habituellement limite à quelques dizaines de coups par seconde les cadences de comptages utilisables.

Nous avons vérifié ce résultat en nous assurant sur plusieurs compteurs du type Maze que les comptages obtenus suivaient bien la loi de l'inverse carré de la distance entre le compteur et une petite source radioactive de 1[mg]. Les relevés obtenus confirment effectivement qu'il en est ainsi au moins jusqu'à des cadences atteignant 2000 par seconde, limite imposée par le totalisateur électronique utilisé.

Ce résultat permet d'étendre largement l'emploi des compteurs à cathode externes notamment pour les applications industrielles et tirer plein avantage de leur simplicité constructive.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Anomalies observées dans la relation parcours-vitesse pour les particules α dans les émulsions photographiques*. Note (*) de MM. **Léopold Vigneron** et **Maarten Bogaardt**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Soient M, z, v, x, la masse, le nombre de charges, la vitesse et le parcours restant d'un projectile nucléaire dans un ralentisseur dont les électrons les plus rapides ont la vitesse v_1. Soient v_2 la vitesse en dessous de laquelle la particule commence à capturer des électrons d'une façon appréciable, v_3 la vitesse en dessous de laquelle les chocs atomiques contribuent notablement au ralentissement qui cesse d'être dû uniquement à l'ionisation. On a

$$v_1 > v_2 \gg v_3. \tag{1}$$

Il ressort des travaux théoriques de Bethe (¹) que la perte d'énergie due à l'ionisation peut être mise sous la forme :

$$\frac{dE}{dx} = z^2 f(v), \tag{2}$$

$f(v)$ dépendant du ralentisseur, mais non de la nature de la particule. Bethe (²) n'a pu expliciter $f(v)$ que pour $v > 0{,}3\,v_1$, la formule (2) prend alors une forme moins générale, mais qui, par contre, peut être intégrée

$$\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi e^4 z^2 \mathrm{ZN}}{mv^2}\left(\log\frac{2mv^2}{\mathrm{I}} - \frac{\mathrm{C}_k}{\mathrm{Z}}\right). \tag{3}$$

Dans un même milieu ralentisseur, pour $v > v_3^*$ (protons) et pour $v > v_3$

(*) Séance du 12 juin 1950.

(¹) *Ann. der Phys.*, 5, 1930, p. 325.

(²) M. S. Livingston et H. A. Bethe, *Rev. Mod. Phys.*, 9, 1937, p. 263.

(particules α), la formule (2) peut encore s'écrire

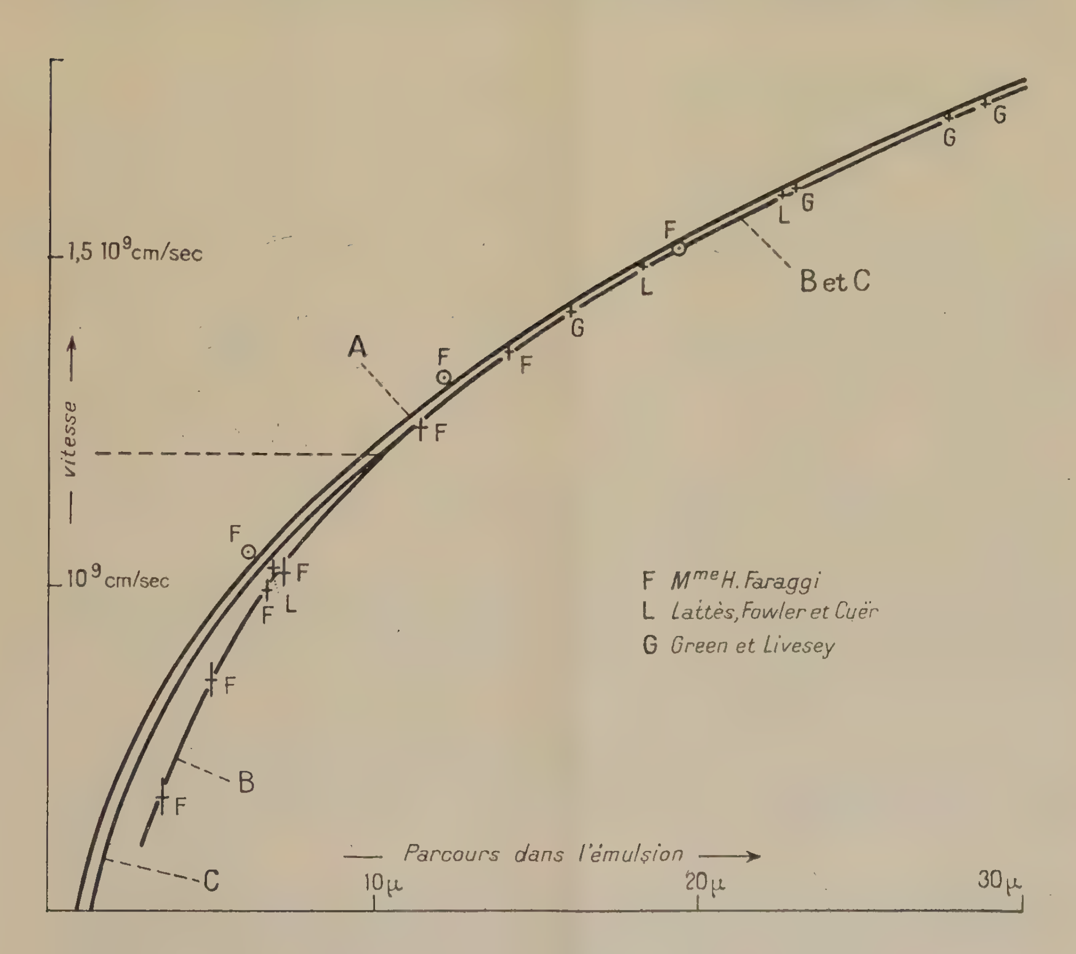
(4) protons : $$\frac{dx^\star}{dv} = \frac{M^\star}{z^{\star 2}} g(v)$$

(5) particules α : $$\frac{dx}{dv} = \frac{M}{z^2} g(v).$$

En intégrant (4) et (5) dans le domaine $v > v_2$ où le proton et la particule α n'ont pas fixé d'électrons, on voit que

(6) $$x(v) = \left(\frac{M}{2^2}\frac{1^2}{M^\star}\right) x^\star(v) + h = 0{,}993\, x^\star(v) + h.$$

Le milieu ralentisseur étant l'émulsion Ilford C_2, nous avons réussi [3] à obtenir par le calcul la courbe énergie-parcours $x^\star = R^\star(v)$ pour les protons.



Sur la figure, nous avons tracé la courbe A qui a pour équation :

(7) courbe A : $$x = 0{,}993\, R^\star(v),$$

---

(3) M. Bogaardt et L. Vigneron, *Journ. Phys.*, 1950 (sous presse).

les cercles représentent les points expérimentaux vitesse parcours des protons dans l'émulsion, après application de la transformation (7).

Les croix représentent les points expérimentaux vitesse parcours des particules α dans l'émulsion; ils définissent une courbe expérimentale B

$$\text{courbe B}: \quad x = R(v)$$

Pour $v > 1{,}2 \cdot 10^9$ cm/sec, conformément à (6), on constate que B se confond avec une courbe C obtenue en faisant glisser A de $0^\mu,4$ parallèlement à l'axe des parcours, ce qui détermine empiriquement la constante h de l'équation (6)

$$\text{courbe C}: \quad x = 0{,}993\,R^*(v) + 0^\mu,4.$$

L'examen de la figure montre que, pour $v < 1{,}2 \cdot 10^9$ cm/sec, la courbe B est à droite de la courbe C. *Un tel fait n'a pas encore été signalé et, dans l'air* (4), *la courbe* B *se trouve toute entière à gauche de la courbe* C. Il faut donc admettre une des conclusions suivantes :

1° La courbe B ayant, dans l'émulsion, pour $v < 1{,}2 \cdot 10^9$ cm/sec, une pente supérieure à celle des courbes C et A, cela signifierait que, dans les corps lourds comme Ag et Br, pour un même parcours dx, la particule α perd plus de quatre fois plus d'énergie que le proton de même vitesse, donc en se reportant aux équations (4) et (5), que les protons commencent à capturer des électrons pour des vitesses où les α en sont encore incapables. Le contraire a lieu dans l'air; de plus, Rutherford (5) signale qu'on n'a pas observé de différence pour les captures d'électrons par les particules α dans des corps aussi différents que Al et Au.

2° Ou bien la formule (2), qui est en parfait accord avec les observations dans l'air présenterait, dans le cas des corps lourds, une défaillance inattendue dont il faudrait chercher l'interprétation.

3° Ou bien les données expérimentales dans l'émulsion sont entachées d'une erreur qui modifie la position relative des courbes de la figure. Une confirmation des expériences pour les α et les protons de vitesse inférieure à $1{,}2 \cdot 10^9$ cm/sec paraît souhaitable.

RAYONS COSMIQUES. — *Quelques propriétés des gerbes de Rossi sous écrans denses épais.* Note (*) de M. **André Fréon**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le nombre de gerbes enregistrées par des compteurs proches non alignés, placés dans l'air au-dessous d'épaisseurs croissantes d'un écran dense, présente

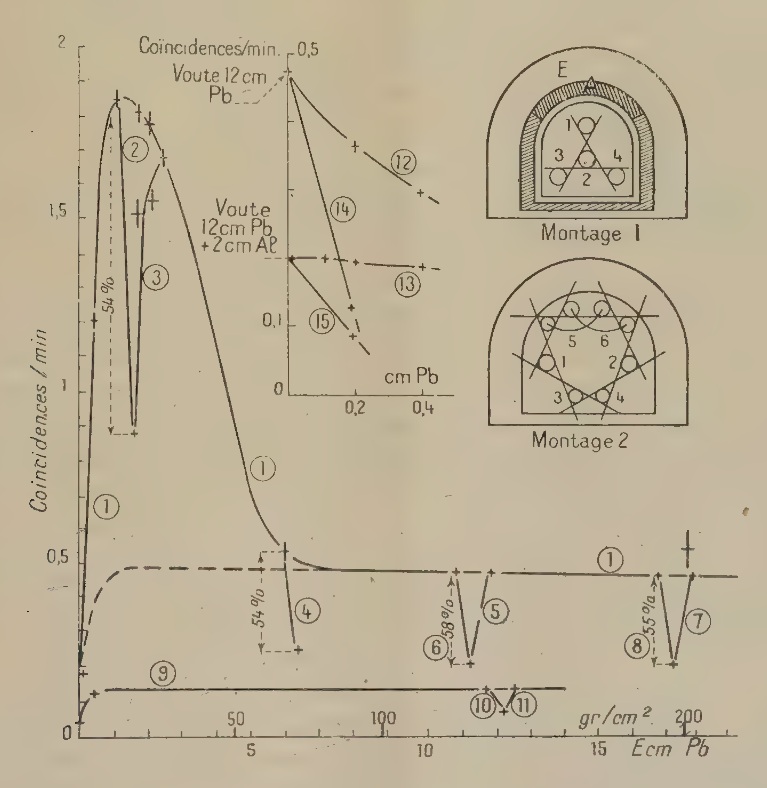
(4) H. A. Bethe, *Rev. Mod. Phys.*, **22**, 1950, p. 213.

(5) *Radiations from radioactive substances*, 1930, p. 123.

(*) Séance du 5 juin 1950.

d'abord un maximum dû aux cascades photoélectroniques suivi d'un palier, qui a été étudié jusqu'à des épaisseurs de plomb de 60^{cm} [1]. Sous le sol, le maximum disparaît et l'on n'observe plus qu'un effet de saturation, atteint dès le premier centimètre de plomb [2].

Ce palier a été attribué aux gerbes créées dans l'écran par la composante pénétrante du rayonnement.



On a repris une partie des expériences antérieures et l'on en a effectué de nouvelles afin de préciser la nature et l'origine de ces gerbes. Les principaux résultats obtenus sont résumés par les courbes (*fig.* 1), qui donnent également les montages utilisés. Les mesures ont été faites, au niveau de la mer à $2^{m},50$ au-dessous d'un toit de ciment, sous des voûtes de plomb de 12 à 18^{cm} (courbes 1 à 8 et 12 à 15) ainsi que dans la région des cascades, 0 à 6^{cm} de plomb. D'autres mesures ont été faites sous 30^{m} de sol, équivalant à 75^{m} d'eau (courbes 9 à 11).

Les résultats sont les suivants :

Nature des gerbes. — Toutes les propriétés observées sont celles de gerbes cascades de faible énergie. Dans la région du palier, ainsi que dans celle du maximum, la multiplicité moyenne du rayonnement présent dans la cavité est

(1) K. Z. Morgan et W. M. Nielsen, *Phys. Rev.*, 52, 1937, p. 564.

(2) T. Grivet-Meyer, *Thèses Doct. Sc.*, Paris, 1941, p. 79.

élevée : 53 ± 6 % des coïncidences 1, 2, 3, 4 (montage 2) sont accompagnées de coïncidences 5, 6, mais il est peu pénétrant (montage 1 : courbe 12, compteur 2 entouré de plomb; courbe 14, les quatre compteurs sous plomb). Une voûte d'aluminium de 2^{cm} (0,2 unité de radiation) fait baisser le comptage de 55 à 60 % (courbes 2, 4, 6, 8, 10). Les 2/3 de cet effet sont dus à la partie supérieure A de la voûte d'aluminium. Sous celle-ci, le rayonnement est plus pénétrant (compteur 2 entouré de plomb : courbe 13, courbe 15, quatre compteurs protégés). L'absence d'effet coque, transition due aux photons d'énergie plus grande que $7.10^6 eV$, énergie critique du plomb, montre qu'il s'agit de gerbes décroissantes.

Une voûte de plomb de 4^{mm} (0,8 unité de radiation) placée sous l'aluminium masque complètement son effet (courbes 3, 5, 7, 11) on peut en conclure qu'il s'agit essentiellement de cascades dont l'évolution est localisée aux derniers millimètres voisins de la sortie de l'écran.

Corrélation avec les Grandes Gerbes. — Un train de 10 compteurs, de surface efficace 1200^{cm^2} a été placé à l'air libre, à 3^m du bloc de plomb. On constate que, sous 12^{cm} de plomb, 5,6 ± 0,5 % des coïncidences 1, 2, 3, 4 sont accompagnées d'une grande gerbe, résultat en accord avec leur pouvoir pénétrant (3).

Origine des gerbes. — Le nombre des électrons de décomposition des mésons arrêtés dans le dernier centimètre d'écran, de l'ordre de grandeur de celui des coïncidences observées, et leur énergie moyenne (0 à 50 MeV permet de penser qu'ils ne jouent pas un rôle notable. Il est au contraire probable que les électrons de choc jouent le rôle essentiel, l'effet observé étant 3.10^4 fois plus faible que le flux de mésons traversant l'appareil.

Mesures sous 30^m *de sol* (75^m *d'eau*). — Le facteur de décroissance des mésons est de 8,5 ± 1,2 tandis que celui des gerbes n'est que de 3,76 ± 0,25, cette divergence, en accord avec celle déjà observée par Mme Grivet-Meyer (2) peut s'expliquer par l'augmentation d'efficacité des mésons avec leur énergie moyenne. Janossy (4) indique deux formules, l'une valable jusque vers 50^m d'eau et l'autre au delà de 100^m qui donnent respectivement, pour 75^m, des variations relatives d'efficacité par rapport au niveau du sol de 2,35 et 4,5, alors que notre valeur expérimentale est de 2,26 ± 0,36. Compte tenu de l'approximation des formules employées, l'accord est satisfaisant. Si l'écart, par rapport à la moyenne des valeurs calculées : 3,4 est significatif, on peut penser qu'il proviendrait de la contribution, au niveau du sol, de la composante nucléaire du rayonnement. La variation avec l'altitude, plus rapide que celle des mésons, des gerbes sous grande épaisseur d'écran (5) est en faveur de cette interprétation.

---

(3) P. Auger, J. Daudin, A. Fréon et R. Maze, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 178.

(4) L. Janossy, *Cosmic Rays*, 1948, p. 245.

(5) Woodward, *Phys. Rev.*, 49, 1936, p. 711.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les spectres d'émission de l'hydrogène sulfuré excités par chocs électroniques. Spectre d'émission du radical* SH. Note de M. **Sydney Leach**, présentée par M. Jean Cabannes.

Au cours d'expériences sur les spectres d'émission de H_2S l'auteur a observé et analysé une cinquantaine de raies de la bande (o, o) de la transition $^2\Sigma \rightarrow {}^2\Pi_i$ du radical SH.

Les recherches que j'ai entreprises sur le spectre d'émission de l'eau [1] m'ont conduit à rechercher un spectre analogue pour la molécule H_2S. Le tube à décharge (type Schuler) était le même que pour l'eau. Les conditions expérimentales étaient les suivantes : pression de vapeur de $H_2S \sim 5^{mm}$Hg; tension 2000 V, courant 3 mA; spectrographe Féry avec une dispersion de 150 cm^{-1}/mm vers 3300 Å; temps de pose de 1 heure à 3 heures. Les fréquences des raies ont été mesurées avec une précision de ± 1 cm^{-1}.

Le spectre obtenu s'étend de 2928 à 6166 Å (limite de sensibilité des plaques photographiques employées). Il consiste en 170 bandes dont une centaine font partie du spectre connu du soufre [2] [3]. Les bandes qui restent à identifier seraient probablement dues à S_2 ou à S_4 d'après leur aspect, mais on ne peut pas les faire rentrer dans les systèmes connus du soufre. Une partie de ces bandes est peut-être due à la molécule H_2S. Des expériences vont être entreprises sur le D_2S pour éclaircir ces problèmes. En outre, il y a une cinquantaine de raies entre 3236 et 3320 Å que j'ai pu analyser et attribuer à la bande (o, o) de la transition $^2\Sigma \rightarrow {}^2\Pi_i$ du radical SH.

Plusieurs auteurs avaient déjà tenté d'exciter le spectre d'émission du radical SH, mais sans résultat [4], [5], [6]. Dans un spectre de flamme, Gaydon et Whittingham [7] ont trouvé une bande vers 3235 Å et l'ont identifiée avec une bande d'absorption du radical SH mais sans aucune analyse. Cette bande d'absorption a été observée et analysée par Lewis et White [6] qui l'ont attribuée à la transition $^2\Sigma \leftarrow {}^2\Pi_i$, mais pour la transition $^2\Sigma \leftarrow {}^2\Pi_{1/2}$ ils n'ont trouvé que la branche Q_2.

Le spectre d'émission que j'ai obtenu est identique au spectre d'absorption de Lewis et White, mais il comporte en plus les branches R_2 et P_2. La

(1) S. Leach, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1006.

(2) A. Fowler et W. M. Vaidya, *Proc. Roy. Soc.*, A **132**, 1931, p. 310.

(3) E. Olsson, *Physik. Zeitschr.*, **99**, 1936, p. 114.

(4) W. H. Bair, *Astroph. J.*, **52**, 1920, p. 301.

(5) N. O. Stein, *Astroph. J.*, **77**, 1933, p. 270.

(6) M. N. Lewis et J. U. White, *Phys. Rev.*, **55**, 1939, p. 894.

(7) *Proc. Roy. Soc.*, A **189**, 1947, p. 313.

dispersion dont je disposais n'était pas suffisante pour distinguer les branches satellites qui seraient en tout cas faibles, surtout pour les niveaux supérieurs de rotation. D'ailleurs l'aspect général du système indique bien une transition $^2\Sigma \rightarrow {}^2\Pi_i$.

En comparant le spectre d'émission au spectre d'absorption de Lewis et White, j'ai pu identifier les branches R_1, Q_1, P_1. La classification de ces branches a été étendue aux nombres quantiques supérieurs de rotation et les constantes de rotation pour la transition $^2\Sigma \rightarrow {}^2\Pi_{3/2}$ ont été calculées. A l'aide de ces valeurs et des relations de combinaison, j'ai pu identifier les branches R_2, Q_2, P_2 de la transition $^2\Sigma \rightarrow {}^2\Pi_{1/2}$ et calculer les constantes de rotation de ces deux états. Ces résultats ont conduit à une meilleure connaissance des niveaux de l'état $^2\Pi_{1/2}$, ce qui m'a permis de constater que la classification de la branche Q_2 donnée par Lewis et White ([6]) n'est pas correcte.

Le calcul des constantes de rotation a rendu possible l'évaluation des distances internucléaires et des moments d'inertie pour les états $^2\Sigma$ et $^2\Pi$, de la constante de couplage A du doublet $^2\Pi_i$ et de l'origine ν_{00} de la bande (0,0). Les valeurs obtenues sont :

$$A = -375,5 \pm 0,5 \text{ cm}^{-1}, \qquad \nu_{00} = 30\,669,7 \pm 1 \text{ cm}^{-1};$$

$$^2\Sigma \begin{cases} B'_0 = 8,30 \pm 0,05 \text{ cm}^{-1}, & D'_0 \sim -0,0007 \text{ cm}^{-1}, \\ r'_0 = 1,448 \pm 0,005 \text{ Å}, & I'_0 = 3,37 \pm 0,02.10^{-40} \text{ g.cm}^2; \end{cases}$$

$$^2\Pi_{\frac{1}{2}} \begin{cases} B''_0 = 9,70 \pm 0,05 \text{ cm}^{-1}, & D''_0 \sim -0,0008 \text{ cm}^{-1}, \\ r''_0 = 1,339 \pm 0,005 \text{ Å}, & I''_0 = 2,89 \pm 0,02.10^{-40} \text{ g.cm}^2; \end{cases}$$

$$^2\Pi_{\frac{3}{2}} \begin{cases} B''_0 = 9,26 \pm 0,05 \text{ cm}^{-1}, & D''_0 \sim -0,0005 \text{ cm}^{-1}, \\ r''_0 = 1,370 \pm 0,005 \text{ Å}, & I''_0 = 3,02 \pm 0,02.10^{-40} \text{ g.cm}^2; \end{cases}$$

$$^2\Pi_i \begin{cases} B''_0 = 9,48 \pm 0,05 \text{ cm}^{-1}, & D''_0 \sim -0,0007 \text{ cm}^{-1}, \\ r''_0 = 1,354 \pm 0,005 \text{ Å}, & I''_0 = 2,95 \pm 0,02.10^{-40} \text{ g.cm}^2. \end{cases}$$

Il est intéressant de noter que quand on passe de la molécule H_2S au radical SH, il y a une augmentation de la distance internucléaire SH à l'état fondamental [H_2S : $r_0(SH) = 1,334$ Å ; SH : $r_0(SH) = 1,354$ Å] tout comme dans le cas de l'eau [H_2O : $r_0(OH) = 0,957$ Å ; OH : $r_0(OH) = 0,971$ Å].

Les configurations électroniques des deux états sont $KL\,3s\sigma^2 3p\sigma 3p\pi^4\,{}^2\Sigma$ et $KL\,3s\sigma^2 3p\sigma^2 3p\pi^3\,{}^2\Pi$, avec une couche électronique complète, moins un électron σ ou π. Les états $^2\Sigma$ et $^2\Pi$ sont donc approximativement en *relation de précession pure* ([8]). Cette hypothèse nous a servi à faire l'analyse rotationnelle du spectre d'émission. J'ai pu évaluer p (constante de dédoublement Λ) et j'ai trouvé $p \sim 0,38$ ce qui n'est pas loin de la valeur théorique $p = 0,48$ pour le cas idéal de précession pure. L'hypothèse d'une relation de précession pure entre les états $^2\Sigma$ et $^2\Pi$ paraît donc justifiée.

([8]) R. S. Mulliken et A. Christy, *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 87.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Décomposition thermique d'un carbonate de nickel.* Note de Mlle **Jeannine François**, présentée par M. Paul Pascal.

La décomposition thermique d'un carbonate de nickel s'accompagne de variations importantes de la maille, mises en évidence par les méthodes de Debye et Scherrer et de diffraction électronique.

Le carbonate de nickel étudié perd la majeure partie de son eau par chauffage à 200°, tandis que le départ du gaz carbonique s'effectue surtout entre 260 et 300°. Mais il semble que les départs d'eau et de gaz carbonique soient, dans un certain domaine, simultanés.

Il faut noter également que les échantillons obtenus reprennent très facilement l'eau, d'autant plus que la proportion de gaz carbonique y est plus grande.

Le tableau ci-dessous donne le résultat des analyses des divers échantillons.

t°.	H_2O %.	CO_2 %.	NiO %.	Ni % électrol.
15.......	24,5	15,75	60,1	47,2
200.......	21,00	16,7	62,3	49
250.......	19,55	12,75	67,7	53,25
300.......	14,65	4,35	81,0	63,7
350.......	7,55	2,45	90,0	71,8
400.......	4,35	1,37	94,2	74,05
450.......	2,6	0,42	96,8	76,1
500.......	0,0	0,0	100,0	78,7
600.......	0,0	0,0	100,0	78,6
700.......	0,0	0,0	100,0	78,4
900.......	0,0	0,0	100,0	78,8

L'examen de ce tableau permet de constater que, dès 300°, la proportion de gaz carbonique devient très faible, c'est ce qui explique que les clichés de Debye et Scherrer et de diffraction électronique donnent déjà à cette température le diagramme de l'oxyde de nickel, diagramme présentant des raies larges et floues.

L'étude roentgénographique des échantillons montre une variation continue de la maille jusqu'à 400°, tandis que, à partir de cette température, aucune variation n'est plus enregistrée (1), sauf en ce qui concerne la largeur des raies, ce qui peut être expliqué par une croissance des particules d'oxyde de nickel (2).

Les clichés de diffraction électronique ne mettent pas en évidence la présence

(1) Faivre, *Ann. de Chimie*, 1944, p. 58-101.

(2) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1282.

de sous-oxyde en surface de la variété active de l'oxyde de nickel, couche à laquelle des travaux antérieurs faisaient allusion. D'autre part, s'il s'agit d'oxygène adsorbé, sa présence n'est pas décelée par cette méthode.

Les modifications importantes de la maille se produisent donc entre 200° et 350°. Le diagramme du carbonate utilisé présente des raies très larges traduisant une cristallisation défectueuse. Les clichés obtenus à partir des échantillons portés aux températures intermédiaires ont un aspect analogue. Mais à 230° apparaît un nouveau plan appartenant à l'oxyde de nickel, dont l'intensité relative augmente jusque vers 300° et dont la distance réticulaire reste fixe. Dans le même intervalle de température un plan du carbonate de nickel disparaît. L'examen de la variation des distances réticulaires indique, à partir de l'oxyde de nickel, un gonflement progressif de la maille avec étirement selon l'axe III.

CO_3Ni origine...	5,05 Å	2,53 Å	–	1,53 Å	1,30 Å	–
200°............	5,05	2,53	–	1,53	»	–
230.............	5,03	2,52	très faible	1,52	»	–
250.............	5,03	2,50	2,08 Å	1,51	»	–
260.............	5,03	2,47	2,08	1,49	»	–
300.............	plan disparu	2,44	2,08	1,48	1,26	–
350.............	»	2,42	2,08	1,475	1,26	1,20 Å
400.............	»	2,40	2,085	1,474	1,258	1,203
900.............	–	2,40	2,085	1,474	1,258	1,203
Indices correspondant à la maille c. f. c. NiO.................		[111]	[200]	[220]	[311]	[222]

Les clichés de diffraction électronique [3] donnent des mesures sensiblement identiques et les mêmes remarques sont à faire au sujet de l'apparition des plans, de leur disparition et de la largeur des raies.

Il semble que la structure du carbonate de nickel tende vers une forme rhomboédrique, les groupements CO_3 étant disposés parallèlement au plan [111]. Mais la cristallisation de l'échantillon étudié est très imparfaite. Les carbonates que nous avons préparés par les méthodes de précipitation ont donné des clichés semblables. Le départ du gaz carbonique s'accompagne d'une diminution des distances réticulaires moyennes et, à partir de 400° on retrouve l'arrangement de l'oxyde de nickel avec la maille caractéristique de 4,17 Å.

Enfin, en ce qui concerne l'étude de la dimension des particules par la méthode de diffusion centrale, nous n'avons observé aucune variation importante jusqu'à 400° (rayon de giration voisin de 30 Å).

([3]) Étude par diffraction électronique de M. Bildé. C. S. F.

CHIMIE-PHYSIQUE. — *Remarques sur la mercerisation de la cellulose effectuée sous tension.* Note (*) de M. **Charles Legrand**, transmise par M. Maurice de Broglie.

On sait que les fibres cellulosiques, maintenues sous tension, ne sont qu'incomplètement mercerisées, alors que dans les mêmes conditions, mais les fibres ne subissant aucune tension, la transformation du réseau II serait totale. Hess et Trogus ([1]) ont mis ce fait en évidence et semblaient l'attribuer à un gonflement imparfait par la solution alcaline.

La mercerisation incomplète peut aussi provenir du choix convenable de la concentration et de la température de l'alcali : Sisson ([2]) a tracé les diagrammes concentration-température pour NaOH délimitant ainsi les domaines de mercerisation complète, de mercerisation partielle et de non-transformation.

Dans les deux cas, la mercerisation incomplète se traduit en définitive par la coexistence, sur le cliché de diffraction de rayons X, des interférences dues aux réseaux I et II. Mais le mécanisme du phénomène n'est pas le même dans les deux cas.

Nous avons d'abord vérifié que pour des concentrations sodiques variant de 10 à 12 %, des fibres de ramie se mercerisent incomplètement. Les clichés de diffraction de rayons X effectués avant lavage montrent la coexistence de la Na-cellulose I et de la cellulose I. Les fibres lavées et séchées accusent un taux de cellulose II grossièrement proportionnel à celui de la Na-cellulose.

Nos expériences ont ensuite porté sur des fibres de ramie mercerisées avec NaOH à 16 ou 30 % à la température de la chambre et pendant 30 minutes. Les fibres étaient disposées sur de petits tendeurs à vis qui permettaient d'assurer une forte tension, non mesurée, mais sensiblement la même dans les diverses expériences grâce à des repérages de longueur. Les clichés de diffraction de rayons X étaient exécutés au cours des différentes phases de la mercerisation : sur le composé sodé, sur le composé de gonflement qui résulte de la décomposition par l'eau du composé sodé (water cellulose), sur les fibres humides et enfin séchées à 105°.

Dans tous les cas, sur les premiers clichés, le composé sodé apparaisait seul, la *cellulose native ayant totalement disparu*. C'est seulement au cours du séchage, pendant la destruction progressive de la water cellulose, qu'à l'emplacement des taches (101) et ($10\bar{1}$) du réseau I se manifestait une tache diffuse. Avec un séchage seulement partiel, la superposition des deux réseaux était

(*) Séance du 12 juin 1950.

([1]) *Zeit. f. Phys. Chem.*, B. 11, 1931, p. 381.

([2]) *J. Phys. Chem.*, 45, 1941, p. 717.

très nette, les taches diffuses faisant place aux interférences très nettes (101 et 10$\bar{1}$) du réseau natif et l'interférence (002) correspondant à ce réseau se superposant partiellement à l'interférence (002) du réseau II.

L'expérience permet d'affirmer que l'effet de la tension s'exerce principalement pendant l'action de la solution sodée. En effet, les fibres gonflées par NaOH à 16% sous tension puis lavées, la tension ayant été supprimée, montrent une forte proportion de cellulose I, tandis qu'inversement les fibres gonflées sans tension, mais tendues pendant le lavage ne révèlent que des traces de cellulose native. Avec NaOH 30%, il faut traiter et laver sous tension pour obtenir nettement le réseau I. Des expériences similaires ont été exécutées en partant de cellulose III (régénérée de l'ammoniac-cellulose). La mercerisation sous tension fournit à côté du réseau II des traces de cellulose I.

En conclusion, la traction exercée sur les fibres, pendant la mercerisation, favorise le retour partiel au réseau I. Ce fait doit être imputé non à une mercerisation incomplète, mais probablement à une variation d'énergie interne qui modifie l'état énergétique du composé sodé de sorte que celui-ci peut se détruire en régénérant le réseau primitif.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Polyamides dérivés des acides gras siccatifs.* Note de M. **Paul Fournier**, présentée par M. Louis Hackspill.

Les acides gras totaux extraits des huiles siccatives se combinent à l'éthylènediamine en formant des diamides susceptibles d'engendrer des macromolécules de polyamides linéaires par polymérisation thermique ou par autoxypolymérisation.

Les huiles siccatives doivent leurs importantes propriétés techniques à la présence dans leurs molécules de triglycérides à radicaux acides polyéthyléniques capables d'engendrer des réseaux macromoléculaires par polymérisation thermique ou par autoxypolymérisation.

Des produits siccatifs comparables sont obtenus en remplaçant le glycérol par une polyamine. Les acides gras totaux de l'huile de lin (riches en acides linoléique et linolénique), ou de l'huile de Bois de Chine (principalement de l'acide éléostéarique) peuvent notamment se combiner à l'éthylènediamine en formant des diamides qui sont susceptibles de subir comme les triglycérides une polymérisation thermique ou une autoxypolymérisation en engendrant des macromolécules. Des produits analogues ont déjà été obtenus en dimérisant de l'acide linoléique et en combinant le diacide ainsi formé à l'éthylènediamine [1]. Toutefois, celles-ci ont une structure monodimensionnelle par

---

(1) Falkenburg, Teeter, Skeel et Cowan, *Oil and Soap*, 21, 1944, p. 101; 22, 1945, p. 143.

suite de la bifonctionnalité des diamides, alors que les triglycérides donnent des réseaux macromoléculaires tridimensionnels en raison de leur trifonctionnalité.

Les diamides sont préparés en mélangeant dans un ballon à distiller les quantités stœchiométriques d'acides gras et d'éthylènediamine en solution aqueuse à 55 %. La salification est très rapide. Le sel d'ammonium est alors déshydraté en amide par chauffage et l'eau est distillée sous atmosphère d'azote pour éviter l'oxydation des radicaux acides polyéthyléniques. Lorsque la température atteint 150°, la distillation est poursuivie sous pression réduite jusqu'à 200°. Le dosage des acides gras demeurés libres dans le produit de la réaction ainsi que la mesure de l'eau distillée s'accordent avec un rendement de réaction de 91 %.

Le produit de la réaction fractionnée sous vide donne :

1° les acides gras non combinés identifiables par leur indice d'acide et leur indice de réfraction;

2° les diamides distillant aux environs de 280° sous 15^{mm} de Hg (azote : calculé 4,77 %, trouvé 4,78 %);

3° une fraction indistillable ayant sensiblement la même teneur en azote que les diamides (4,82 %) et dont l'indice d'iode est 121. Cette fraction, provenant de la polymérisation thermique d'une partie des diamides, est analogue au produit de polymérisation thermique de l'huile de lin (standolie).

Les diamides sont solubles à chaud dans les solvants des huiles siccatives. Leurs solutions refroidies à la température ordinaire se gélifient dès que leur concentration est un peu importante, ce qui peut être attribué à l'effet des phénomènes d'association dus aux interactions hydrogène développées par les groupes amides.

Les diamides se polymérisent thermiquement plus rapidement que les triglycérides correspondants. Quelques minutes de chauffage à 200° sous vide suffisent à polymériser 69 % des diamides alors qu'il faut chauffer trois heures à 300° sous vide pour polymériser 45 % des triglycérides de l'huile de lin. Les polyamides résultant de la polymérisation thermique des diamides sont des produits thermoplastiques, mous, solubles également à chaud dans les solvants des huiles siccatives, mais se gélifiant plus rapidement que les diamides par refroidissement, ce qui s'accorde avec leur structure macromoléculaire monodimensionnelle.

Les diamides étendus en couche mince absorbent l'oxygène de l'air comme le font les huiles siccatives avec accroissement de viscosité jusqu'à prendre la consistance d'une cire molle. Les polyamides s'autoxydent également, et même plus rapidement, dans des conditions analogues en donnant des films plus durs que les produits d'autoxydation des diamides. L'absorption d'oxygène, dans les deux cas, est accrue par l'addition de siccatifs. Les produits obtenus avec les acides de l'huile de Bois de Chine s'oxydent beaucoup plus rapidement que

ceux préparés à partir des acides de l'huile de lin. Il y a donc un parallélisme complet dans le comportement des diamides formés par l'éthylènediamine et les acides des huiles siccatives et des triglycérides correspondants. Les polyamides obtenus par polymérisation thermique se comportent également comme les standolies d'huiles siccatives et en éliminant par distillation sous vide la partie de diamides non polymérisés il est possible d'obtenir des polyamides qui par oxydation en couche mince donnent des films durs et résistants, comparables, sinon supérieurs, à ceux fournis par l'huile de lin. Il est vraisemblable que le phénomène d'autoxydation transforme le réseau macromoléculaire monodimensionnel des polyamides obtenus par polymérisation thermique en un réseau macromoléculaire tridimensionnel dont la compacité est comparable à celle du réseau tridimensionnel réalisé lors du séchage des huiles siccatives.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Hydratation de l'alcool polyvinylique.* Note de M. **Jean Neel**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'hydratation de l'alcool polyvinylique au contact de solutions salines aqueuses a été étudiée en employant la méthode *des restes*, utilisée initialement, dans le cas des composés macromoléculaires, par G. Champetier (1), pour l'hydratation de la cellulose et, plus récemment, par divers auteurs pour la solvatation des dérivés cellulosiques (2). Cette méthode permet de faire une distinction entre les phénomènes de fixation chimique et d'absorption physique de l'eau et du sel et de déterminer quantitativement les premiers (3).

Les expériences ont été effectuées à 18°C sur de l'alcool polyvinylique obtenu par purification et fractionnement d'un produit commercial (Rhodoviol H.S.10). La purification, par lavage à l'eau froide, a été poursuivie jusqu'à obtention d'un polymère contenant moins d'un millième d'impuretés minérales. Le fractionnement a permis d'isoler un produit, de solubilité négligeable dans l'eau à la température des expériences et contenant moins de 1 % de groupes acétyles.

Les systèmes ternaires étudiés comprenaient, outre l'alcool polyvinylique et l'eau, un sel servant de *témoin* : thiosulfate de sodium, acétate d'ammonium, bromures de potassium, de sodium ou d'ammonium. Le rapport d'importance des phases solide et liquide, mises en présence, correspondait à 8^{g} de polymère pour 50^{cm^3} de solution saline. Dans tous les cas envisagés on peut conclure à la

(1) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 280 et 499; *Ann. Chimie*, **20**, 1933, p. 5.

(2) L. Clémemt et C. Rivière, *Bull. Soc. Chim.*, **10**, 1943, p. 386; P. Clément, *Ann. Chimie*, 2, 1947, p. 420 H. Sihtola et the Svedberg, *Acta chemica scandinavia*, 2, 1948, p. 474.

(3) G. Champetier et J. Neel, *Bull. Soc. Chim.*, **16**, 1949, p. 930.

fixation de molécules d'eau sur l'alcool polyvinylique, à l'exclusion de molécules salines. La quantité d'eau fixée croit lorsque la concentration de la solution saline diminue et correspond dans certains domaines de concentrations de la solution saline à des rapports stœchiométriques simples que l'on peut attribuer à de véritables hydrates d'alcool polyvinylique. Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant où les concentrations des solutions salines sont exprimées par le rapport

$$p = \frac{\text{nombre de molécules de sel}}{\text{nombre de molécules d'eau}}.$$

Témoin.	Domaines d'hydratation constante. Concentration inférieure.	Concentration supérieure.	Molécules d'eau fixées par motif CH_2—CHOH.
$S_2O_3Na_2$	15.10^{-3}	21.10^{-3}	0,75
	28.10^{-3}	40.10^{-3}	0,50
$CH_3CO_2NH_4$	1.10^{-3}	5.10^{-3}	0,75
	12.10^{-3}	17.10^{-3}	0,50
	25.10^{-3}	39.10^{-3}	0,33
BrNa	15.10^{-3}	35.10^{-3}	0,33
	40.10^{-3}	60.10^{-3}	0,25
BrK	13.10^{-3}	30.10^{-3}	0,33
	35.10^{-3}	65.10^{-3}	0,25
$BrNH_4$	Pas de domaine d'hydratation constante, hydratation très faible		

L'ensemble des cinq systèmes ternaires étudiés conduit à envisager quatre associations possibles entre l'eau et l'alcool polyvinylique.

$$4(CH_2-CHOH).3H_2O,\quad 2(CH_2-CHOH).H_2O,$$
$$3(CH_2-CHOH).H_2O,\quad 4(CH_2-CHOH).H_2O.$$

Les courbes représentant la quantité d'eau fixée en fonction de la concentration des solutions salines où se trouve immergé l'alcool polyvinylique ne sont pas superposables, même lorsque l'on tient compte de la valence des ions constituant le sel. Chacun de ceux-ci paraît avoir une influence spécifique qui permet de les classer dans un ordre rappelant la série lyotrope proposée par Hoffmeister

$$Br^- > CH_3CO_2^- > S_2O_3^{--},\qquad NH_4^+ > K^+,\qquad Na^+.$$

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Nouvelle méthode de détermination de la constante de dissociation d'un complexe en solution.* Note (*) de M. **Paul Hagenmuller**, présentée par M. Paul Lebeau.

La méthode des *variations continues* de P. Job (1) permet de déterminer la formule d'un complexe en solution à un facteur près. Le procédé consiste à préparer une série de mélanges en proportions variables de solutions équimoléculaires des deux corps susceptibles de se complexer et à en mesurer une propriété physique additive; la position de l'optimum de la courbe représentant les écarts entre les valeurs déterminées et celles qui correspondraient à la règle des mélanges indique le rapport moléculaire des deux corps primitifs dans le composé formé.

La constante de dissociation K du complexe est alors calculée par application de la loi d'action des masses à des mélanges de solutions non-équimoléculaires.

Il est possible d'éviter cette dernière opération et de déterminer directement la constante de dissociation par l'étude de la forme de la courbe des écarts relatifs à des mélanges équimoléculaires.

Supposons que la réaction soit du type :

$$mA + nB \rightleftharpoons A^m B^n, \tag{1}$$

m et n étant déterminés par l'abscisse de l'optimum de la courbe des écarts.

Soient c_1, c_2, Z les concentrations respectives en A, B, $A^m B^n$ en un point quelconque P de cette courbe correspondant au mélange d'un volume x de solution de A et d'un volume $1 - x$ de solution de B.

$$\frac{c_1 + mZ}{c_2 + nZ} = \frac{x}{1 - x}. \tag{2}$$

$$K = \frac{c_1^m c_2^n}{Z} \frac{f_1^m f_2^n}{f_C}, \tag{3}$$

f_1, f_2 et f_C étant les facteurs d'activité.

Au point optimum M de la courbe, pour des concentrations c'_1, c'_2 et Z' en sels simples et en complexe, on a de même :

$$\frac{c'_1 + mZ'}{c'_2 + nZ'} = \frac{m}{n}, \tag{4}$$

$$K = \frac{c'^m_1 c'^n_2}{Z'} \frac{f_1^m f_2^n}{f_C}, \tag{5}$$

les facteurs d'activité restant identiques si P et M sont suffisamment voisins (force ionique constante).

(*) Séance du 12 juin 1950.

(1) *Ann. Chim.*, 10e sér., 9, 1928, p. 113.

Si Γ est la molarité des solutions primitives,

(6) $$c_1 + c_2 + (m+n)Z = c'_1 + c'_2 + (m+n)Z' = \Gamma.$$

La concentration en complexe est généralement proportionnelle à l'écart correspondant; a étant le rapport des écarts relatifs aux points P et M,

(7) $$\frac{Z}{Z'} = a.$$

Par élimination de c_1, c_2, c'_1, c'_2 entre les équations (2), (3), (4), (5) et (6):

(8) $$f_1^m f_2^n \left(\frac{\Gamma}{\frac{1-x}{x}+1} - mZ\right)^m \left(\frac{\Gamma}{\frac{x}{1-x}+1} - nZ\right)^n = f_C KZ,$$

(9) $$f_1^m f_2^n \left(\frac{\Gamma}{\frac{n}{m}+1} - mZ'\right)^m \left(\frac{\Gamma}{\frac{m}{n}+1} - nZ'\right)^n = f_C KZ'.$$

Les relations (7), (8) et (9) constituent un système de trois équations à trois variables indépendantes Z, Z' et K, dont la résolution donne K. L'identité de forme des équations (8) et (9) permet d'ailleurs de résoudre aisément le système par voie graphique. On trace sur un même diagramme les courbes $K = F(Z')$ et $K = F(Z)$ pour un rapport $x/(1-x)$ donné. La valeur de K cherchée sera l'ordonnée correspondant au rapport $Z/Z' = a$ des abscisses.

Le procédé est particulièrement rapide et économique : il permet de caractériser un complexe à l'aide d'une seule courbe d'écarts. Il évite l'usage de solutions à concentration élevée, avantage à la fois théorique et pratique, puisque de telles solutions sont susceptibles d'échapper à la loi d'additivité et de se décomposer.

Reposant sur les mêmes bases théoriques que le procédé des mélanges non-équimoléculaires, il ne présente pas d'erreur systématique plus importante. Mais en plus des conditions de validité habituelles de la méthode des *variations continues*, il exige que K reste fixe lorsque le rapport constitutif $x/(1-x)$ du mélange varie; il n'est pas utilisable quand l'allure de la réaction change sous l'influence d'un excès de l'une ou l'autre solution ou de l'eau.

Nous avons appliqué notre méthode à la réaction

$$(NO_2)_2Hg + (NO_2)_2Zn \rightleftharpoons [Hg(NO_2)_4]Zn.$$

La propriété physique utilisée est l'abaissement cryoscopique. Nous avons effectué nos mesures pour la molarité M/3 (*fig.*).

x.	$a = \frac{\Delta t}{\Delta t'}$.	Z'.	K.
2/3	0,845	0,10	0,44
3/4	0,68	0,09	0,65
4/5	0,57	0,092	0,60

La valeur moyenne de K est 0,56. La méthode des mélanges non-équimoléculaires appliquée au même exemple donne 0,50. Les deux procédés concordent sensiblement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur une association carbone et sulfure de manganèse.* Note de MM. **Marius Picon** et **Jean Flahaut**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'azéotrope C et SMn obtenu par volatilisation dans le vide au-dessus de 1400°, donne, par condensation, une association C — SMn qui diffère, par ses propriétés physiques et chimiques, d'un simple mélange. Aux rayons X, le carbone est véritablement amorphe, SMn a des cristallites peu développés. L'activité de C est accrue par cette dispersion, mais celle de SMn paraît diminuée par suite de son association avec C.

Dans une Note récente, nous avons signalé l'obtention d'un azéotrope par sublimation du graphite en présence de sulfure de manganèse à partir de 1375° et pour des pressions inférieures à quelques millimètres de mercure.

Par condensation, on recueille un produit noir formé de SMn et carbone, mais avec une certaine association entre les deux constituants, car les propriétés physiques et chimiques ne sont plus celles d'un simple mélange constitué avec du graphite Acheson finement pulvérisé et SMn vert cristallisé obtenu par sublimation.

Il se présente comme une masse feutrée volumineuse, alors que les constituants séparés se condensent en enduits plus ou moins compacts. Il se sédimente instantanément et en totalité dans les liquides aqueux, tandis qu'un mélange fournit, tout au moins partiellement, du graphite surnageant. La densité à 0° est 3,55 ; elle est assez voisine de celle d'un mélange à mêmes teneurs, qui est 3,68. La combustion, déclenchée au rouge sombre, s'effectue en quelques secondes avec une forte élévation de température, elle diffère nettement de celle du graphite mêlé à SMn.

La solubilisation du sulfure contenu dans ce produit au moyen des acides et des oxydants est devenue extrêmement lente. Alors que ClH à 10 % après 36 heures au B. M. bouillant dissout 96 % de SMn vert additionné de son poids de graphite, le produit noir avec seulement 16 % de carbone laisse un résidu renfermant 41 % du sulfure primitif. Par suite de la lenteur de la réaction, un tiers environ de SH_2 libéré fournit du soufre libre qui surnage.

En ajoutant du brôme au réactif précédent, et en effectuant trois attaques successives de 12 heures, on peut dissoudre 99 % de SMn vert mélangé au graphite. Par contre, le distillat noir laisse un résidu insoluble renfermant, en moyenne, 55 % de SMn pour 45 % de carbone.

En réalisant des spectrogrammes de rayons X, on constate que le produit noir ne donne que les raies de SMn avec $a = 5{,}223 \pm 0{,}005$ Å. Il faut éliminer la plus grande partie de SMn par une attaque très prolongée avec ClH, Br et

eau à chaud pour faire apparaître les raies du graphite $a = 2,45$ et $c = 6,70$. Lorsque le produit ne contient plus qu'environ 10 % de SMn, on note, pour le spectre de ce dernier un élargissement des raies et un net affaiblissement de celles d'indices élevés. Les dernières portions de SMn, à l'état d'association avec C, existent donc sous forme de cristallites très peu développés.

Pour le carbone, on retrouve alors le spectre normal du graphite avec toutes ses raies; mais l'intensité du diagramme est très faible, très inférieure même au dixième de l'intensité fournie par du graphite Acheson. Ces résultats sont tout à fait différents de ceux correspondant aux carbones dits amorphes. Ces derniers donnent des spectres plus intenses et différenciés par rapport au spectre normal du graphite.

Le carbure du distillat noir, à part un pourcentage extrêmement faible de cristallites du graphite paraît véritablement amorphe.

L'acide azotique fumant à l'ébullition ne dissout pas de quantité appréciable de ce carbone, qui se conduit, vis-à-vis de ce réactif comme du graphite. Le liquide résultant de l'attaque par le mélange de Brodie n'est que faiblement coloré; par des traitements répétés, on n'observe qu'une production extrêmement faible en oxyde graphitique jaune insoluble. Le carbone étudié, à part quelques pour cent de graphite, se caractérise par une dissolution très lente dans le mélange de Brodie en donnant un liquide sensiblement incolore. Il est presque complètement désorganisé et ne fournit plus d'oxyde graphitique insoluble.

L'ensemble de ces essais montre que le carbone obtenu est véritablement amorphe. Bien que cet élément ait été volatilisé, sa condensation en présence de SMn n'a pu réaliser la formation des mailles cristallines indispensables pour la caractérisation du graphite.

En ce qui concerne la formation de l'association SMn et carbone, la structure amorphe du métalloïde exclut tout arrangement cristallin. L'expérience d'électrolyse des vapeurs de l'azéotrope, que nous avons antérieurement décrite, permet de songer à des forces électrostatiques. Nous avons vu, en effet, que le courant continu provoque la condensation séparée des deux constituants.

On peut ainsi envisager pour ce phénomène une action des ions C pouvant conduire à une adsorption. Toutefois, celle-ci se réalisant à partir d'une phase unique gazeuse, on aboutit, lors de la condensation, à une adsorption dans la masse entière créant une association particulièrement étroite.

Les modifications observées pour les propriétés chimiques sont dues, d'une part, à l'état physique de forte dispersion des constituants. L'activité du carbone vis-à-vis des réactifs oxydants est nettement augmentée. D'autre part, l'association du carbone avec SMn diminue l'activité de ce dernier et se traduit par la difficulté de sa dissolution par les réactifs habituels.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur les variations de résistance mécanique des liants hydratés par séchage et par absorption de divers liquides.* Note de MM. **Louis Chassevent** et **Daniel Dominé**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Nous avons étudié l'influence de liquides contenus dans les pores sur les résistances des plâtres et des ciments artificiels hydratés, d'une part en séchant des éprouvettes dont les pores étaient initialement remplis d'eau et d'autre part en introduisant dans les éprouvettes sèches de l'eau et des liquides organiques. Ces expériences nous ont fourni les résultats suivants :

1. Au cours du séchage d'éprouvettes de plâtre, ayant été préalablement maintenues plusieurs jours dans l'eau, la plus grande partie de l'eau contenue dans les pores est d'abord éliminée sans modifier notablement la résistance. Par contre le départ des derniers centièmes d'eau est accompagné d'une augmentation très importante de la résistance ainsi que le montre la figure 1. Inversement l'absorption par une éprouvette sèche de 4/1000 de son poids d'eau diminue la résistance de 30 %. Ces résultats confirment ceux obtenus précédemment par l'un de nous (²) par Andrews (³) et par Kaufmann (⁴). Ils montrent que la pellicule d'eau adsorbée à la surface des cristaux facilite les glissements et les ruptures dans les masses poreuses de plâtre hydraté soumises à des efforts. Ces masses peuvent contenir, en plus de la petite quantité d'eau adsorbée qui agit sur les résistances, une quantité importante d'eau libre sans action sur celles-ci.

Les masses obtenues par hydratation des ciments artificiels renferment généralement plus d'eau absorbée et moins d'eau libre que celles en plâtre. Aussi le séchage d'éprouvettes de ciment provoque une augmentation régulière de la résistance ainsi que le montre la figure 1.

2. L'imprégnation de liants hydratés parfaitement secs avec de l'eau et avec des liquides organiques polaires provoque un gonflement et une diminution de résistance. Par contre, les liquides organiques apolaires tels que l'huile de vaseline, le pétrole et le tetrachlorure de carbone pénètrent dans les éprouvettes sèches sans provoquer de gonflement, ni de diminution de résistance ainsi que le montrent les figures 2 et 3.

3. Lorsque les éprouvettes de plâtre hydraté sont séchées avant d'avoir subi par conservation dans l'eau, la chute de résistance que nous avons attribuée précédemment au décollement des cristaux (⁵), cette chute de résistance se

---

(¹) Essai suivant norme française NF-B. 12-001, 1946.

(²) Chassevent, *Rev. mat. const.*, 1927, p. 148.

(³) *Journ. Soc. chem. Ind. Trans.*, 65, 1946, p. 125.

(⁴) *Zement*, 1949, p. 152.

(⁵) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2096-2098.

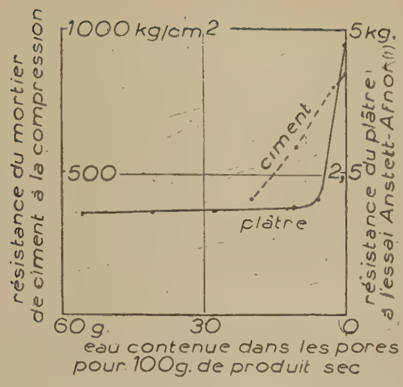


Fig. 1.

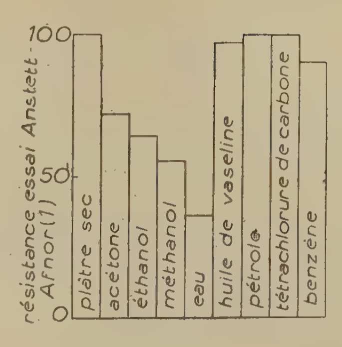


Fig. 2.

Fig. 1. — Variation de résistance au cours du séchage de : 1, plâtre semi-hydraté gâché en proportion de 120g pour 100g d'eau et conservé 3 jours dans l'eau avant séchage; 2, mortier de ciment artificiel gâché dans les proportions suivantes : 100g de ciment artificiel Portland, 100g de sable broyé à la finesse du ciment et 54g,6 d'eau et conservé 30 jours dans l'eau avant séchage.

Fig. 2. — Variation de résistance par imprégnation avec divers liquides d'éprouvettes sèches de plâtre hydraté. Base 100 : résistance d'éprouvette obtenue par gâchage de 100g de plâtre semi-hydraté avec 100g d'eau et séchée deux heures après gâchage.

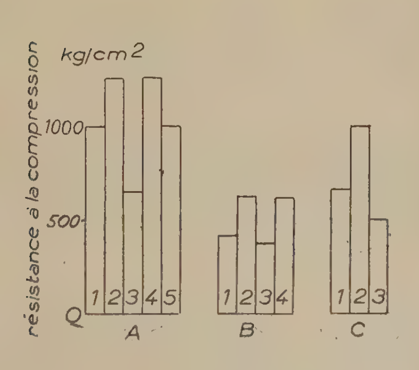


Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 3. — Variation de résistance du ciment artificiel hydraté par séchage rapide à 105° suivi d'immersion dans l'eau, le pétrole et l'alcool. 1, résistance avant séchage; 2, après séchage; 3, séché puis immergé dans l'eau; 4, séché puis immergé dans le pétrole; 5, séché puis immergé dans l'alcool éthylique à 97°. A, éprouvettes de pâte pure : 100g de ciment Portland et 26g d'eau. Cubes de 2cm de côté conservés 15 jours dans l'eau avant séchage; B, éprouvettes de mortier normalisé : 100g de ciment Portland, 300g de sable composé de Leucate et 42g,9 d'eau. Cubes de 4cm de côté conservés 28 jours dans l'eau avant séchage; C, éprouvettes de mortier de sable broyé finement : 100g de ciment Portland, 100g de sable de Fontainebleau broyé à la finesse du ciment et 44g d'eau. Cubes de 2cm de côté conservés 18 jours dans l'eau avant séchage.

Fig. 4. — Variations de résistance au cours de cycles séchage-immersion dans l'eau, d'éprouvettes obtenues avec du plâtre semi-hydraté et séchées pour la première fois : I, après 15 jours de conservation dans l'eau et à l'étuve à 60°; II, dès la fin de l'hydratation (2 heures après gâchage) et à l'étuve à 60°; III, dès la fin de l'hydratation (2 heures après gâchage) mais séchées à 30°. Base 100 : résistance avant le premier séchage. Surfaces hachurées : résistances d'éprouvettes imprégnées d'eau. Surfaces non hachurées : résistances d'éprouvettes sèches.

produit au cours de cycles séchage-réhumidification et d'autant plus rapidement que la température au cours du séchage est plus élevée, ainsi que le montre la figure 4.

Les ciments artificiels hydratés subissent également une chute de résistance au cours d'un cycle séchage-mouillage lorsque toute l'eau contenue dans les pores est éliminée rapidement à l'étuve à 105°. Cette chute de résistance est évitée en éliminant d'abord la plus grande partie de l'eau lentement à la température ambiante dans un dessiccateur à anhydride phosphorique.

En résumé, les masses poreuses formées par hydratation des liants subissent par séchage et par absorption de liquides polaires des variations de résistance et de volume que nous avons attribuées d'une part à la présence d'une pellicule liquide adsorbée par les cristaux et, d'autre part, au décollement des cristaux. Par contre, les liquides organiques apolaires tels que l'huile de vaseline, le pétrole et le tétrachlorure de carbone qui ne sont pas adsorbés par les liants hydratés pénètrent dans les masses poreuses sèches sans en modifier les résistances ni le volume apparent.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Transformations thermomagnétiques des alliages fer-carbone-azote.* Note (*) de MM. **Jacques Pomey, François Goutel, Jacques Moulin** et **Raymond Coudray**, présentée par M. Pierre Chevenard.

L'étude thermomagnétique de fils en alliages fer-carbone-azote, obtenus par cémentation gazeuse et diffusion, montre les transformations réversibles de l'austénite en cémentite Fe_3C et nitrure Fe_4N. Cette transformation eutectoïde débute à 595° au chauffage, comme dans les alliages fer-azote; mais elle s'achève à une température inférieure à celle des alliages fer-azote et à celle des alliages fer-carbone.

Nous avons préparé toute une série d'alliages homogènes fer-carbone-azote, tenant jusqu'à 1,5 N et 1,25 % C par cémentation de fils de $0^{mm},5$ de diamètre en acier extra doux, chauffés à 810° dans un mélange gazeux contenant oxyde de carbone, hydrogène et acétonitrile pour les teneurs en azote jusqu'à 0,6 % et contenant, en outre, une légère addition d'ammoniac pour les teneurs en azote comprises entre 0,6 et 1,5 %. Le maintien prolongé pendant 3 heures et demie sous atmosphère d'équilibre assurait l'homogénéité de composition dans toute la section du fil, comme l'ont prouvé des examens micrographiques et des mesures de microdureté.

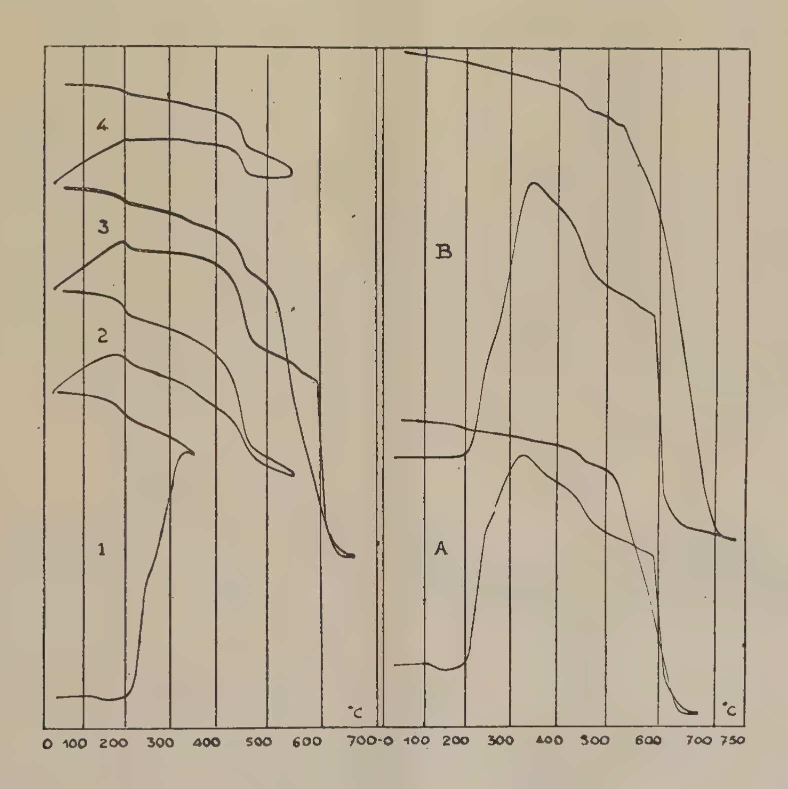
La figure se rapporte à des fils contenant 0,9 % C et 1,25 % N trempés à l'eau. Ils présentent 69 % ± 3 d'austénite résiduelle dosée par diffraction X. Ces fils argentés électrolytiquement ont été étudiés au thermomagnéto-

---

(*) Séance du 12 juin 1950.

mètre Chevenard, les vitesses d'échauffement et de refroidissement étant de 275 degrés/heure.

Le premier cycle à 350° (courbe 1) montre vers 100° le point de Curie de traces de la phase ε, Fe_2N sursaturée en fer et contenant 4,5 % d'azote, phase identifiée par diffraction X dans la couche superficielle de cet échantillon et qui n'existe pas dans d'autres fils de même analyse, pour lesquels l'homogénéisation a été un peu plus prononcée (courbe B). Entre 200° et 325°, se produit la décomposition de l'austénite, avec apparition du ferromagnétisme. Elle présente systématiquement vers 275° une légère anomalie non encore expliquée. Au refroidissement, le point de Curie de la cémentite Fe_3C apparaît à 210°, mais les traces de Fe_2N ayant disparu, il n'y a plus d'anomalie à 100°.



Le deuxième cycle (courbe 2) a été poussé à 550°; il met en évidence les points de Curie de Fe_3C à 210° et de Fe_4N vers 475°. Ces deux anomalies, plus prononcées au refroidissement, montrent un rejet de Fe_4N et Fe_3C à partir de la phase α.

Le troisième cycle (courbe 3) a été poussé à 650°; à l'échauffement, on voit d'abord le point de Curie de la cémentite à 210°, puis le point de Curie de Fe_4N vers 475°, enfin la perte du magnétisme par transformation eutectoïde $\alpha \to \gamma$ entre 595 et 625°. Au refroidissement, la même transformation s'étale de 625 à 505 manifestant ainsi une certaine hystérésis; puis on voit le point de

Curie de Fe_4N vers 475° moins prononcé au refroidissement qu'à l'échauffement du même cycle; puis enfin le point de Curie de Fe_3C à 210°.

Un quatrième cycle (courbe 4) à 550° montre que l'anomalie magnétique de Fe_4N a sensiblement même amplitude à l'échauffement et au refroidissement de ce cycle que dans le refroidissement du cycle précédent, de sorte que la plus faible amplitude de l'anomalie de Fe_4N au refroidissement du cycle 3 ne peut pas être imputable au maintien en solution de Fe_4N, mais s'explique par le départ d'azote vers 650° malgré l'argenture.

Sur un autre échantillon de fil de la même préparation, nous avons effectué un cycle unique à 675° (courbe A) où nous retrouvons les mêmes phénomènes; si, sur un autre échantillon, le cycle est poussé à 730° (courbe B), le départ d'azote devient très important, la transformation au refroidissement se trouve élevée et s'étale de 710 à 520°

En l'absence de carbone, la transformation de phase α ne serait achevée qu'à 730° pour 1,25 % N et en l'absence d'azote elle aurait débuté au point A_1 c'est-à-dire à 725°. Des résultats très voisins de ceux-ci sont donnés par un fil homogène ayant pour analyse C = 0,9 %, N = 0,56 %; de plus, notre étude montre que, dans une très large étendue de compositions, la transformation avec changement de phases à l'échauffement reste entièrement comprise entre 600 et 700°. Nous montrerons dans deux prochaines Notes les conséquences qu'on peut en tirer pour le traitement industriel des pièces en aciers carbonitrurés dans leurs couches superficielles.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Analyse microsclérométrique de la fragilité de revenu d'un acier à faibles teneurs en nickel et en chrome.* Note (*) de MM. **Helmut Bückle** et **Pierre-A. Jacquet**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Pour un acier Ni-Cr, la valeur de l'exposant n de la formule de Meyer est inférieure à 2 dans l'état tenace et supérieure à 2 dans l'état fragile. Compte tenu des structures micrographiques et des diagrammes X, on est conduit à penser que la fragilité de revenu résulte d'une transformation réversible des carbures entraînant une dispersion critique de ceux-ci et un état de contrainte, hypothèse qui s'accorde avec les caractéristiques connues du phénomène.

L'un de nous a montré que la micrographie pouvait détecter la fragilité de revenu d'un acier faiblement allié (C 0,30 %; Ni 3,25 %; Chrome 1,65 % [1]. Ce même acier a été soumis à une analyse Meyer complète au moyen de la technique de microdureté (microduromètre Hanemann-Zeiss).

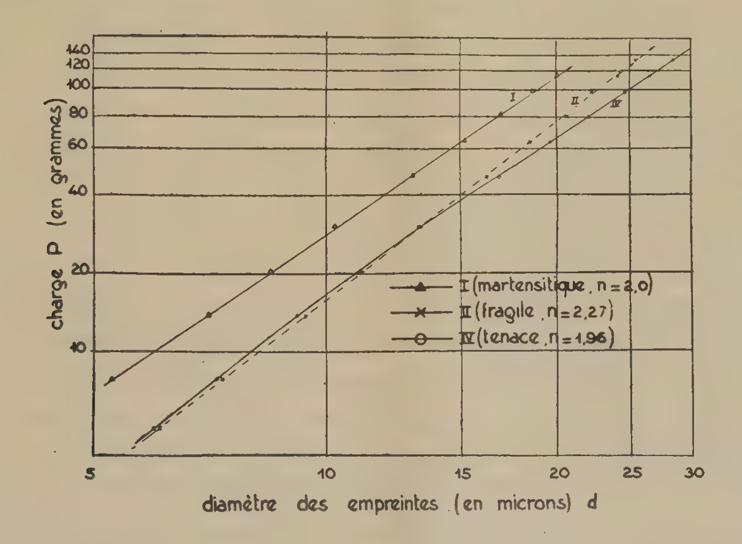
(*) Séance du 12 juin 1950.

[1] P.-A. Jacquet, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 713; **230**, 1950, p. 650.

On sait (²) que la microdureté Vickers suit la loi dite de Meyer : $P = \text{const.}\, d^n$, où P est la charge, d le diamètre d'empreinte et n un coefficient le plus souvent compris entre 1,7 et 1,9.

Le coefficient n est déterminé sur les éprouvettes soumises à des traitements thermiques variés, et dont nous avons examiné, par ailleurs, la structure micrographique. Il est bon de rappeler ici l'importance du polissage électrolytique pour la mesure correcte de la microdureté (³).

Le tableau I résume les résultats obtenus sur 17 éprouvettes. Les valeurs de microdureté ne sont pas en rapport net avec la structure, mais l'exposant n est en relation univoque avec les états respectivement fragile ($n \geq 2$) et



tenace ($n < 2$). De plus nous avons trouvé que la courbe $\log P/\log d$ est une droite seulement dans le cas des spécimens fragiles (*fig.* 1). Les différences sont, cependant, moins prononcées pour les traitements de réversibilité répétés (V et VI, tableau I).

Nº.	Traitement.	Structure.	Microdureté $H_{30\,g}$ (kg/mm²).	Exposant n.
I.	Trempe à l'huile à 865°	Martensique	520	2,00
II.	I + revenu à 500–525° pendant 24 à 40 heures	Fragile	285 à 315	2,15 à 2,26
III.	I + revenu à 620° pendant 1 heure	Tenace	État tenace	1,94 1,98
IV.	II + revenu à 620° pendant 25 à 40 minutes	Tenace	280 à 325	1,94 1,97
V.	III + revenu à 500° pendant 7 à 15 heures	Fragile	État fragile	2,01 2,03
VI.	IV + revenu à 500° pendant 9 heures	Fragile		2,04

(²) F. Schulz et Hanemann, *Zeits. Metallkd.*, 33, 1941, p. 124; E. O. Bernhardt, *Ibid.*, p. 135.

(³) H. Bückle, *Zeits. Metallkd.*, 34, 1942, p. 130.

Les études sur la valeur de n étant parfois contradictoires ([2]), ([4]), l'analyse de nos résultats sera basée principalement sur l'expérience personnelle de l'un de nous ([4]). Le fait que la valeur de n atteint, ou dépasse 2, traduirait la présence de tensions internes. L'éprouvette martensitique ($n = 2,0$) et les éprouvettes fragiles ($n = 2,01$ à $2,27$) présenteraient donc des tensions internes, contrairement aux éprouvettes tenaces ($n = 1,94$ à $1,98$). Ce résultat est en complet accord avec les diagrammes de rayons X obtenus par A. R. Weill avec les mêmes spécimens ([5]).

La déviation à la partie inférieure de la courbe type tenace est due à l'influence de la teneur en carbures, et la valeur de d correspondant à l'inflexion serait en relation directe avec l'espacement des précipités. L'allure rectiligne de la courbe type fragile indiquerait que les précipités ont un degré de dispersion tel que l'inflexion est hors du domaine accessible à la mesure. L'aspect micrographique confirme cette conception. Dans les spécimens fragiles les précipités, raréfiés à l'intérieur des grains, se retrouvent en partie sur les joints et certaines stries orientées.

L'ensemble des observations montre que l'état fragile peut être détecté à la fois par les méthodes micrographique et microsclérométrique. D'autre part, nous sommes conduits à admettre que le phénomène implique une réaction réversible invariante entre des carbures de compositions diverses et la phase ferritique contenant du nickel et du chrome, réaction entraînant un état de contraintes et une dispersion critique d'une partie des carbures, devenus invisibles au microscope au cours du traitement de fragilisation.

Une telle réaction, dont le mécanisme déterminant serait la diffusion du carbone, expliquerait à la fois : *a*. la présence de tensions internes, inexplicable par une simple dissolution des carbures; *b*. la réversibilité du phénomène, difficilement concevable en admettant une simple diffusion; *c*. l'instabilité marquée de la réversibilité à certaines températures; *d*. l'influence retardatrice bien connue de certains éléments (molybdène, tungstène), susceptibles de stabiliser les carbures.

([4]) *Voir* les Conférences et discussions de H. Buckle, R. Mitsche et E. M. Onitsch, *Congrès Intern. de Frittage*, Graz, 1948.

([5]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 652.

MÉTALLURGIE. — *Une méthode autoradiographique d'étude des ségrégations dans les aciers.* Note (*) de M. **André Kohn**, présentée par M. Albert Portevin.

La méthode autoradiographique offre un nouveau moyen d'étude des ségrégations dans les aciers. On peut, soit fabriquer une coulée dans laquelle on introduit le radio-élément étudié, soit irradier directement en neutrons thermiques un échantillon d'acier solide; dans ce dernier cas, la présence de certains éléments d'alliage, en faible quantité, n'est pas gênante.

La méthode autoradiographique, d'un usage maintenant courant en biologie, avait été utilisée dès 1933 par Tammann ([1]), ([2]), ([3]) pour l'étude de la ségrégation du plomb (emploi du thorium B) dans les métaux. Récemment W. E. Jones ([4]), ([5]) a étudié la localisation du tungstène dans un alliage réfractaire.

Nous avons développé un procédé analogue pour l'étude des ségrégations dans l'acier. On peut opérer de deux façon :

1° on effectue une fusion spéciale au cours de laquelle on introduit le radio-élément sous forme d'alliage de fer;

2° on découpe, dans l'échantillon d'acier que l'on veut étudier, une plaquette que l'on irradie en neutrons thermiques à la pile atomique.

La première méthode permet d'étudier l'influence d'un seul élément, mais ne peut être utilisée qu'avec de petites coulées spécialement préparées à cet effet. La seconde est d'application plus générale puisqu'elle peut être employée avec des échantillons provenant de lingots industriels d'acier au carbone. Elle permet de mettre en évidence les ségrégations du phosphore et, dans une certaine mesure, du soufre qui, seuls, donnent des impressions photographiques, si on laisse reposer l'échantillon 48 heures avant de faire l'autoradiographie.

La présence dans l'acier de traces de chrome réduit la définition des images autoradiographiques par suite du rayonnement γ qu'il émet (création d'un voile de fond); l'existence de traces de nickel ou de molybdène semble moins gênante.

(*) Séance du 12 juin 1950.

([1]) G. Tammann et G. Bandel, *Archiv. für Eisenhüt.*, 6, 1932-1933, p. 293-296; *Revue de Métallurgie* (Extraits), 30 bis, 1933, p. 255.

([2]) G. Tammann et G. Bandel, *Zeit. für Metallkunde*, 25, 1933, p. 153-156, 207-209; *Revue de Métallurgie* (Extraits), 31 *bis*, 1934, p. 90-92.

([3]) G. Tammann et Verner, *Zeit. für Metallkunde*, 1934, p. 365.

([4]) *Bull. of General Electric Company*, 17 mars 1947.

([5]) *Bull. of General Electric Company*, 10 septembre 1948.

Nos premiers essais ont été effectués avec le phosphore. Au cours d'une fusion d'environ 1^{kg} d'acier à 1 % C, nous avons introduit 65^{g} d'un alliage fer-phosphore à 15 % P, irradié pendant 10 jours à la pile atomique de Châtillon (activité totale d'environ 50 microcurie). Les conditions de fusion et de refroidissement ont été réalisées de manière à obtenir un lingot particulièrement hétérogène.

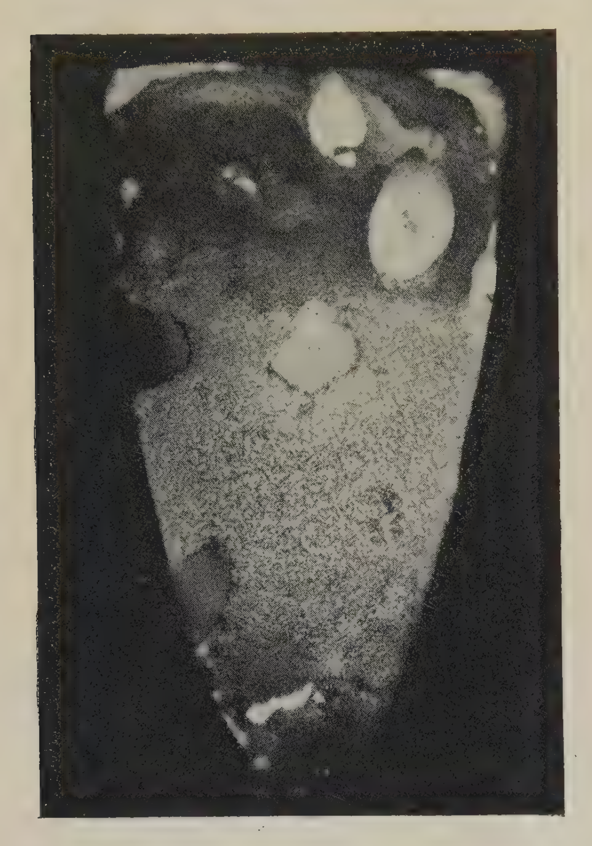


Fig. 1. — Grandeur nature.

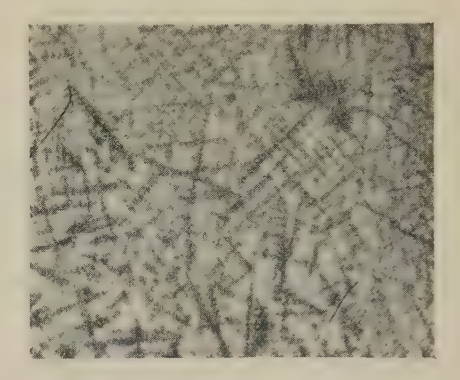


Fig. 2. — Agrandissement 5.

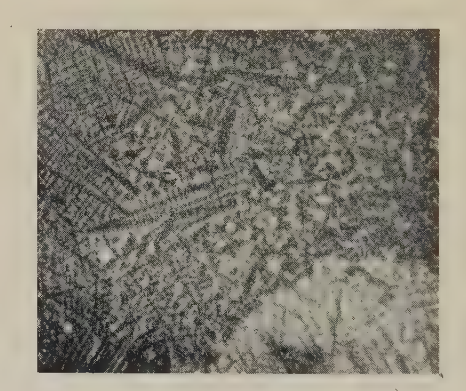


Fig. 3. — Agrandissement 2.

La figure 1 représente le positif d'une autoradiographie obtenue avec une plaquette découpée dans ce lingot. On distingue nettement la ségrégation dendritique ainsi que les variations des teneurs en phosphore indiquées par des plages d'autant plus claires que la teneur en phosphore est plus élevée. La figure 2 est un agrandissement (5 fois) d'une région de la même autoradiographie. La méthode autoradiographique a l'avantage de montrer nettement les variations de concentration en phosphore (à l'échelle de la ségrégation primaire et à l'échelle de la ségrégation dendritique), alors qu'une attaque macrographique classique (attaque au réactif Stead, par exemple) révéle seulement la structure cristalline en différenciant les régions les plus pures des zones liquatées.

D'autres essais exécutés sur un échantillon d'acier riche en phosphore ($C = 0,50$, $P = 0,33$), irradié à la pile de Châtillon, ont permis d'obtenir des autoradiographies qui mettent également en évidence la ségrégation primaire et la ségrégation dendritique du phosphore (*fig.* 3).

Des essais analogues effectués sur une plaquette d'acier provenant d'un gros lingot présentant des veines sombres ($C = 0,36$, $S = 0,009$, $P = 0,031$, $Cr = 0,11$, $Ni = 0,39$) révèlent aussi les ségrégations, mais les images sont moins nettes, par suite du rayonnement γ du chrome.

Des essais sont actuellement en cours en vue d'améliorer la définition des clichés autoradiographiques par emploi de lames métalliques minces et de mettre au point des étalons de phosphore, permettant de faire des déterminations quantitatives par des mesures photométriques.

Cette méthode autoradiographique paraît applicable, moyennant certaines précautions, à un assez grand nombre d'aciers industriels, ainsi qu'à d'autres alliages (cuivre-zinc, par exemple).

MÉTALLURGIE. — *Étude par diffraction électronique de la cémentation du fer.* Note (*) de MM. **Jean-Jacques Trillat** et **Shigueo Oketani**, présentée par M. Pierre Chevenard.

La diffraction électronique, appliquée à des pellicules de fer extrêmement minces obtenues par volatilisation, a permis de suivre avec précision le mécanisme de la cémentation et de mettre en évidence les différentes phases pour diverses températures et divers modes de cémentation.

Quelques auteurs ont étudié le phénomène de cémentation en utilisant la diffraction des électrons par des échantillons disposés sous incidence presque rasante (méthode *par réflexion*); les diagrammes obtenus ainsi ne montrent que la présence du graphite amorphe ou cristallisé [1]. A notre connaissance, la méthode par transmission à travers un film très mince de fer ou d'acier cémenté n'a pas encore été utilisée, sans doute à cause des difficultés expérimentales qu'elle présente; cependant, cette méthode paraît préférable pour étudier par diffraction électronique le mécanisme de la cémentation et les conditions de formation de Fe_3C.

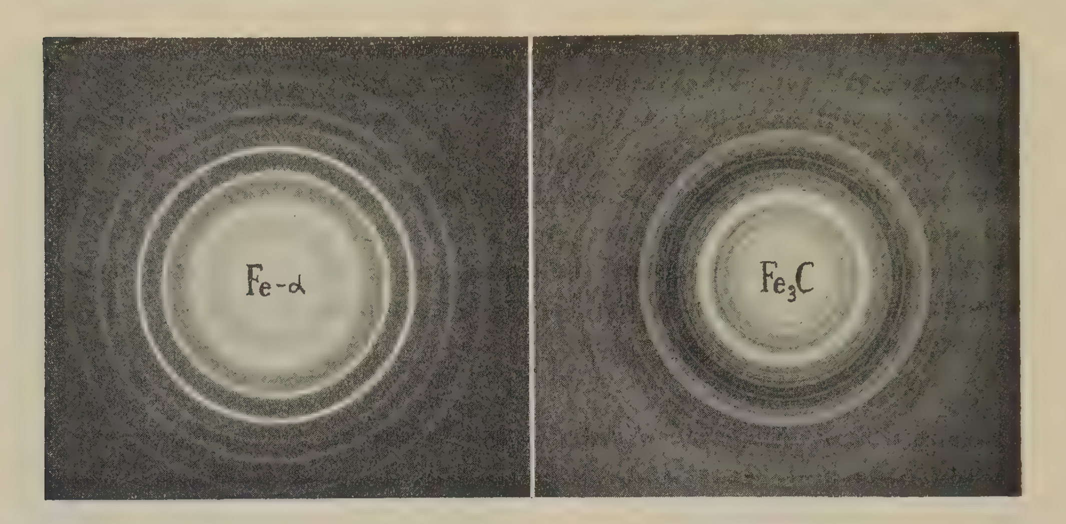
Nous avons réussi à préparer des films très minces polycristallins en effectuant dans le vide un dépôt sur une face fraîchement clivée de sel gemme, à partir de fer pur ou d'acier doux; le sel est ensuite dissous dans l'eau et le film métallique est recueilli sur une grille de nickel, et soumis à la cémentation en phase gazeuse en présence d'oxyde de carbone pur. L'opération s'effectue en tube de silice dans un four à température rigoureusement contrôlée; la prépa-

(*) Séance du 5 juin 1950.

(1) Ueda, Ito et Kimoto, *Japan. Journ. Phys.*, 2, 1947, p. 9-11.

ration est ensuite examinée par diffraction électronique (49 kV, $\lambda = 0,0539$ A), après étalonnage de la longueur d'onde associée par un diagramme de ZnO.

Nous avons pu obtenir ainsi un grand nombre d'excellents diagrammes à partir de préparations soumises à des conditions variées de température et de durée (figures); le détail de ces expériences sera publié dans un autre recueil.



En particulier, si la cémentation est effectuée à 540° pendant une heure, on observe un diagramme très net et très riche en raies (environ 50 anneaux) : le calcul des distances réticulaires permet de conclure qu'il s'agit de cémentite Fe_3C, de maille orthorhombique, ainsi qu'il découle de la comparaison avec les résultats obtenus par la diffraction des rayons X ([2]). Au-dessous de 500° au contraire, on n'observe pas trace de cémentite. Les mesures ont été faites avec une précision de 0,1 % grâce à l'enregistrement simultané de diagrammes étalons.

Quelques anneaux sont dus à la présence de Fe_3O_4 qui provient de l'oxydation spontanée du film de fer ([3]) à l'air ou au cours de l'opération de cémentation.

L'examen des intensités indique en outre que le plan (113) de Fe_3O_4 est, dans nos conditions expérimentales, orienté préférentiellement de façon à être perpendiculaire à la surface de préparation.

Dans le cas de la cémentation à 540°, si les préparations ne sont pas exposées constamment à de l'oxyde de carbone frais, celui-ci se décompose en présence du fer et l'on observe sur les diagrammes la présence abondante de l'oxyde Fe_3O_4. En élevant la température, du graphite se dépose à la surface

---

([2]) Lipson et Petch, *J. Iron Steel Inst.*, 142, 1940, p. 95; Hume-Rothery, Raynor et Little, *J. Iron Steel Inst.*, 145, 1942, p. 143.

([3]) H. Nelson, *J. Chem. Phys.*, 5, 1937, p. 252-259.

de la préparation et, au-dessus de 820° on n'observe plus ni le diagramme de Fe_3C ni le diagramme de Fe, qui sont sans doute masqués par le graphite.

Les préparations préalablement oxydées dans l'air, puis cémentées à 540°, donnent sensiblement les mêmes résultats que les préparations non oxydées, mais les grains de cémentite sont nettement plus gros.

Dans ces expériences effectuées à 540°, on n'observe pas de différences nettes entre les résultats fournis par des films obtenus à partir de fer pur ou d'acier. Nous indiquerons ultérieurement l'influence de la température, de la durée de chauffage, ainsi que du mode de cémentation, sur la stabilité de la cémentite. La méthode que nous avons indiquée permet sans aucun doute d'étudier de nombreux problèmes en métallurgie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés hydrogénés de l'éthoxy-2 méthyl-6 diphényl-8.9 ptéridine.* Note de MM. **Michel Polonovski**, **Marcel Pesson** et **Antonius Puister**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La structure de l'éthoxy-2 méthyl-6 diphényl-8.9 dihydroptéridine obtenue par condensation en milieu acide, de la benzoïne et de la diaminopyrimidine correspondante est confirmée par synthèse directe au moyen de la désylamine.

Poursuivant nos travaux (1) sur le problème de l'isomérie posé par les dérivés dihydrés des diaryls-8.9 ptéridines, nous avons été amenés à étudier l'éthoxy-2 méthyl-6 diphényl-8.9 ptéridine (I) dont un des dérivés dihydrés a pu être obtenu par synthèse directe. La ptérine (I) [F(bloc Maquenne) : 185-187°)]. [Trouvé %, C 73,78-73,57; H 5,18-4,98; N 16,49-16,35; calculé %, C 73,64; H 5,32; N 16,37] a été préparée par condensation de l'éthoxy-2 diamino-4.5 méthyl-6 pyrimidine (2) avec le benzile, en milieu alcoolo-acétique :

(I).

Lorsqu'on substitue la benzoïne au benzile dans cette condensation, les résultats sont différents suivant les conditions de l'expérience. En opérant dans

(1) M. Pesson, *Bul. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 963 et *Thèse*, Paris 1950; M. Polonovski et M. Pesson, 1er *Congrès International de Chimie biologique*, 1949, Cambridge.

(2) Cette diamine (F 135-136°), non encore décrite, est préparée par réduction au moyen du chlorure stanneux, de l'éthoxy-2 amino-4 nitro-5, méthyl-6 pyrimidine (F 165-166°), obtenue par action de l'éthylate de sodium sur la chloro-2 amino-4 nitro-5 méthyl-6 pyrimidine.

le méthanol, à 100° en tube scellé, il se forme aprés chauffage durant 40 heures, un mélange de substances colorées en orange d'où il ne nous a pas été possible d'obtenir des produits cristallisés homogènes, contrairement à ce qui a lieu pour les condensations analogues effectuées avec les hydroxy-6 (ou amino-6) diamino-4-5 pyrimidines. Après chauffage plus prolongé (140 heures), on isole une petite quantité d'un dérivé dihydré (II), blanc jaunâtre, plus facilement préparé en milieu alcoolo-acétique.

Cette dihydroptérine (F 239-240°) (trouvé %, C 73,10-72,94; H 5,73-5,63; N 16,52-16,51; calculé %, C 73,21; H 5,85; N 16,27) pouvait, en principe, répondre à l'un des trois schémas de structure (A), (B) et (C) :

CH_3 ; NH ; N ; $CH—C_6H_5$; $C_2H_5—O—$; $—C_6H_5$; N N — (A)

CH_3 ; N ; N ; $—C_6H_5$; $C_2H_5O—$; $CH—C_6H_5$; N NH — (B)

CH_3 ; NH ; N ; $—C_6H_5$; $C_2H_5—O—$; $—C_6H_5$; N NH — (C)

Le dosage des hydrogènes mobiles effectué sur cette substance, correspond à un atome (1,07 à 1,25). Par acétylation, on est conduit à un dérivé monoacétylé F 157-158° (trouvé %, N 14,64-14,5-14,6; calculé 14,5 %) ne comportant pas d'atome d'hydrogène actif (valeurs trouvées 0,17-0,26 0,22 %). Ces résultats nous permettent donc de rejeter la structure (C) qui donnerait deux atomes d'hydrogène mobile et dont le dérivé monoacétylé devrait comporter un atome d'hydrogène mobile.

D'autre part, une synthèse directe permet de préparer le composé de structure (B). La dichloro-2.4 nitro-5 méthyl-6 pyrimidine (III), par condensation en milieu hydroalcoolique avec la désylamine, en présence de carbonate de sodium, conduit en effet à la chloro-2 (N désyl) amino-4 nitro-5 méthyl-6 pyrimidine (IV) (F 198-199°). (trouvé %, C 59,55-59,52; H 3,92-3,93; N 14,64-14,62; Cl 9,22-9,11; calculé %, C 59,59; H 3,97; N 14,64; Cl 9,27).

CH_3 ; NO_2 ; N ; Cl— ; —Cl ; N — (III)
+ $O=C—C_6H_5$; $H_2N—CH—C_6H_5$
⟶ CH_3 ; NO_2 ; N ; $O=C—C_6H_5$; Cl— ; $CH—C_6H_5$; N NH — (IV)

$\xrightarrow{SnCl_2}$ CH_3 ; N ; N ; $—C_6H_5$; Cl— ; $CH—C_6H_5$; N NH — (V)

La réduction de (IV) par le chlorure stanneux fournit la chloro-2 méthyl-6 diphényl-8.9 dihydro-9.10 ptéridine (V) F 273-275° (trouvé %, C 67,82-67,98; H 4,54-4,42; N 16,68-16,63; Cl 10,29-10,42; calculé %, C 68,14; H 4,52; N 16,74; Cl 10,59) qui, par action de l'éthylate de sodium dans l'alcool absolu, à l'abri de l'air, donne l'éthoxy-2 méthyl-6 diphényl-8.9 dihydro-9.10 ptéridine (F 239-240°), identique à (II), dont la structure (B) se trouve ainsi établie.

CH_3 ; N ; N ; $-C_6H_5$; Cl— ; $CH-C_6H_5$; N ; NH $\xrightarrow{C_2H_5ONa}$ CH_3 ; N ; N ; $-C_6H_5$; C_2H_5-O- ; $CH-C_6H_5$; N ; NH

(II)

CH_3 ; NH ; N ; $CH-C_5H_5$; C_2H_5-O- ; $CH-C_6H_5$; N ; NH

(VI)

Par hydrogénation (au moyen du nickel Raney ou du platine, en milieu alcoolique, ou du platine, en milieu acétique), après fixation d'une molécule de H_2 sur (II) et de deux molécules de H_2 sur (I), on obtient la même tétrahydroptéridine, F 220-221°, répondant vraisemblablement à la structure (VI).

La fixation de l'hydrogène au contact du platine est plus rapide qu'en présence de nickel; en outre, surtout en milieu acétique, elle paraît conduire à des produits d'hydrogénation plus poussée. Dans tous les cas, lorsqu'on part de (I), il se forme, au cours de l'hydrogénation, un produit primaire très coloré en rouge orangé, facilement oxydable, qui n'a pu être isolé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'absorption de certains hétérocycles de la série naphtalénique* (I). Note (*) de M. **Évanguélos Baltazzi**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'analyse spectrale de combinaisons dans lesquelles un noyau benzénique se trouve engagé dans un hétérocycle formé de cinq atomes et contenant des fonctions telles que —N=C, —N=N—, —C=C—... a montré que le *couplage* qui se produit entre ces fonctions et le noyau aromatique peut parfois devenir sensiblement nul. Mme Ramart et ses collaborateurs ont admis que le phénomène doit être attribué à un changement dans la structure électronique

(*) Séance du 12 juin 1950.

des atomes fonctionnels par suite de la déformation forcée des angles valenciels provoquée par la cyclisation.

Afin d'étendre ces recherches à la série naphtalénique, j'ai entrepris l'étude des spectres d'absorption de certains hétérocycles intéressant les positions 1 et 2 du naphtalène.

Je décrirai ici ce qui concerne le naphto 1,2 : 4,5 oxazole. Le phénomène observé pour ce dernier est analogue à celui que Mme Ramart et M. Vantu [1] ont décrit pour le cas du benzoxazole.

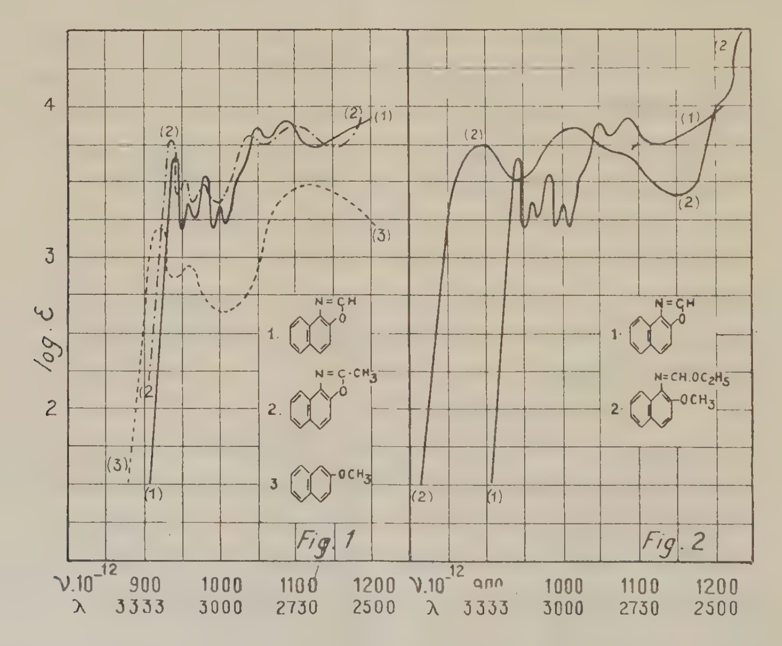
N=CH — O (I)

N=C.CH₃ — O (II)

—O.CH₃ (III)

N=CH.OC₂H₅ — OCH₃ (IV)

Le naphtoxazole (I) ainsi que son dérivé méthylé (II) possèdent une absorption voisine de celle du méthoxy-2 naphtalène (III) (*fig.* 1; courbes 1, 2, 3). Quand, par contre, on passe à l'éthoxyméthylène amino-1 méthoxy-2 naphta-



lène (IV), on observe un effet bathochrome intense (*fig.* 2; courbes 1, 2). Ce corps possède les mêmes groupements imino et méthoxy mais en chaîne ouverte.

On peut admettre, comme Mme Ramart et ses collaborateurs l'ont déjà fait pour la série benzénique, que le *couplage* entre la fonction imine —C=N— et le radical aromatique, qui dans la molécule à chaîne ouverte est très intense, devient faible sinon nul dans la combinaison hétérocyclique du fait que la fonction en question se trouve engagée dans un cycle formé d'un petit nombre d'atomes dont les angles valentiels ont subi une déformation forcée.

L'amino-1 méthoxy-2 naphtalène qui sert de matière première à la préparation de l'éthoxyméthylène amino-1 méthoxy-2 naphtalène, pourrait être obtenu soit par réduction du nitrodérivé correspondant, soit par réduction du benzèneazo-1 méthoxy-2 naphtalène. Cette dernière méthode, la plus simple, n'est cependant pas à retenir et mes constatations, en ce qui la concerne, confirment celles de E. Ghigi (2).

Pour l'obtention du nitro-1 méthoxy-2 naphtalène exempt d'isomères nitrés, on a écarté jusqu'à présent la nitration directe du méthoxy-2 naphtalène (3) du fait qu'elle fournit un mélange d'isomères difficiles à séparer. Or il m'a été possible d'obtenir le nitro-1 métoxy-2 naphtalène à l'état pur par nitration directe.

Pour cela on dissout 75g de méthoxy-2 naphtalène dans 900cm³ d'acide acétique glacial et, tout en maintenant la température aux environs de 10°, on ajoute goutte à goutte et en agitant 60cm³ d'acide nitrique à 40° Bé. La température et l'agitation sont maintenues 1 heure 15 minutes après la fin de la réaction. On essore les cristaux formés qui sont du nitro-1 méthoxy-2 naphtalène pratiquement pur (F 128°). Les eaux-mères sont recueillies et refroidies à 5°. On y ajoute alors par petites portions et sous bonne agitation une seconde fraction de 75g de méthoxy-2 naphtalène pulvérisé et l'on répète la nitration. Les deux fractions de cristaux sont recristallisées une fois encore dans l'acide acétique glacial (F 130°); Rdt 58-60 % ; ce dérivé nitré est ensuite réduit selon Béchamp.

L'éthoxyméthylèneamino-1 méthoxy-2 naphtalène est obtenu par condensation selon Claisen (4) de l'orthoformiate d'éthyle avec l'amino-1 méthoxy-2 naphtalène. C'est une huile légèrement jaune ($É_{18}$ 202°; Rdt 69 %). L'hydrolyse à froid par l'acide chlorhydrique à 5 % régénère l'amine initiale.

---

(1) Mme Ramart et M. Vantu, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, III, 1936, p. 1165.

(2) *Helv. Chim. Acta*, **23**, 1940, p. 428-30.

(3) H. E. Fierz-David et H. Ischer, *Ibid.*, **21**, 1938, p. 679.

(4) *Liebigs Ann.*, **237**, 1895, p. 365.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hexadiyne-1.4, one-3.* Note de M[lles] **Janine Chauvelier** et **Paulette Lacombe**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons préparé l'éthynyl-propynyl-cétone (hexadiyne-1.4-one-3 : C_6H_4O ou $HC{\equiv}C-CO-C{\equiv}C-CH_3$), selon la méthode mise au point par l'une de nous et qui consiste à faire agir un magnésien acétylénique sur un aldéhyde acétylénique, puis à oxyder l'alcool obtenu (1).

Dans ce cas particulier, nous avons condensé l'aldéhyde propargylique $HC{\equiv}C-CHO$ avec le bromure de propynyl-magnésium $CH_3-C{\equiv}C-MgBr$.

L'aldéhyde propargylique était obtenu par oxydation sulfochromique de l'alcool propargylique [méthode indiquée par Reppe (2)]. Il faut conduire cette oxydation de telle sorte que l'aldéhyde distille au fur et à mesure de sa formation. Les rendements de l'opération sont très faibles, de l'ordre de 10 %, ceci pour différentes raisons :

1° parce que le propynal se polymérise avec une extrême rapidité, surtout lorsque la température s'élève;

2° par suite des réactions secondaires : oxydation plus poussée conduisant à l'acide propiolique, lequel se décompose en produits non condensables : CO_2 et acétylène, d'où les difficultés de condensation totale de l'aldéhyde sous pression réduite.

L'aldéhyde dilué de dix fois son volume d'éther se conserve cependant plusieurs jours à 0° et en présence d'hydroquinone. (É 60°).

La condensation du propynal et du bromure de propynyl magnésium conduit à l'hexadiyne-1.4, ol-3 : $HC{\equiv}C-CHOH-C{\equiv}C-CH_3$. C'est un liquide qui distille à 77° sous 11^{mm} (n_{18}: 1,4813; d_{18}: 0,969; RM : 27,59 et RM_{calc}: 27,26).

L'oxydation acétochromique de cet alcool conduit à la cétone correspondante (F + 3°; $É_{12}$: 60°,5; $n_{18°}$: 1,4864; $d_{18°}$: 0,945; RM 27,95 et RM_{calc} : 25,90, cette forte exaltation de la réfraction moléculaire étant due à la double conjugaison).

Action de l'aniline. — Comme les autres cétones de cette série (1) (3), l'éthynyl-propynyl-cétone additionne une molécule d'aniline et ce, avec une très forte élévation de température. Il est nécessaire de refroidir vigoureusement pendant l'addition des réactifs.

Le composé d'addition formé se présente sous forme de cristaux jaunes fondant à 152° au bloc Maquenne, mais dès 80° ils s'isomérisent en un corps fondant plus bas que le produit initial.

---

(1) J. Chauvelier, *Ann. Chim.*, 3, 1948, p. 395.

(2) *Conférences*, Paris 1948.

(3) J. Chauvelier, *Bull. Soc.*, 1950, p. 272.

Ils répondent à la formule brute : $C_{12}H_{11}ON$. Analyse :

	C.	H.	O.	N.
Calculé %.............	77,84	5,94	8,65	7,57
Trouvé %.............	77,63	6,44	8,53	7,66

et par analogie avec les dérivés d'addition obtenus avec d'autres cétones diacétyléniques, nous avons pu leur attribuer la formule (I) :

H—C—CH=C—C≡C—CH₃ ; N ; HO ; φ

(I)

O⁻ ; π ; —CH₃ ; N⁺ ; φ

(II)

En effet, contrairement à ce qui a pu être démontré pour la propynyl-phénéthynyl-cétone ([1]), nous n'avons pu ici mettre en évidence qu'un seul produit d'addition, correspondant à la triple liaison la moins encombrée. Une oxydation permanganique ne nous a en effet donné que du formanilide, de l'acide acétique et de l'acide mésoxalique.

L'isomérisation thermique de ce produit d'addition conduit à la pyridone correspondante : la N-phényl-α-méthylpyridone [formule (II)] qui est incolore et fond à 138°.

Ce travail entrepris en vue de généraliser une méthode de synthèse des γ-pyridones et des γ-pyrones, nous a conduites à des résultats fort intéressants, car il nous permet d'envisager une voie d'accès assez simple pour les γ-pyridones (et sans doute les γ-pyrones) α-monosubstituées qui sont fort peu connues. On peut même espérer atteindre par l'intermédiaire de la pentadiyne-1.4, one-3, qui paraît accessible par cette voie, les γ-pyridones et les γ-pyrones fondamentales ce qui n'aurait qu'un intérêt de généralisation.

MINÉRALOGIE. — *Sur la thixotropie des suspensions de montmorillonite.* Note de MM. **Jean Barriol** et **Jean-Michel Bloch**, présentée par M. Charles Mauguin.

Les gels de montmorillonite présentent une thixotropie caractérisée, du point de vue expérimental, par une valeur μ du module de rigidité, se rapportant à la déformation élastique, et par la valeur de la force tangentielle

maxima F susceptible de rompre la structure du gel [1]. Cette rupture intervient pour une valeur α_0 de l'angle de glissement donnée par

$$F = \mu\alpha_0.$$

Une série d'expériences a été effectuée avec des gels préparés à partir d'une même montmorillonite sodique pure. Ces gels ont des concentrations variables et présentent des rigidités très diverses (μ varie de 250 à 22 000 C. G. S.) [2]. Tous ces essais conduisent à une même valeur

$$\alpha_0 = 0,025 \text{ radian},$$

qui apparaît ainsi comme une véritable grandeur caractérisque du type de gel expérimenté, correspondant probablement à une même structure interne.

Par ailleurs, des expériences ont été effectuées pour mesurer la pression maxima P que le gel est susceptible de supporter. On obtient très sensiblement

$$P = \mu = \frac{F}{\alpha_0}$$

Ces expériences s'interprètent simplement en admettant que le gel est peu compressible. Cette hypothèse se trouve confirmée par l'essai suivant : une suspension entièrement liquide de montmorillonite sodique est enfermée dans un récipient calorifugé et l'on cherche à déterminer si l'apparition de la gélification thixotropique se traduit par une variation de volume de la suspension. Les résultats montrent qu'après trois jours de repos le volume est resté constant, bien que la gélification thixotropique soit apparue très nettement

Le gel étant ainsi peu compressible, la compression exercée lors de la mesure de P produit un glissement et la rupture d'équilibre correspond au même angle de glissement α_0 que ci-dessus. En fait, P est légèrement supérieur à μ, et l'écart, de l'ordre de 10 %, correspond vraisemblablement au fait que l'on néglige, lors du calcul de P, les forces dues au contact entre le gel et la paroi latérale du cylindre.

Les deux procédés de mesure s'interprètent donc en fonction d'une même constante physique α_0 qui semble susceptible de jouer un rôle intéressant dans la classification des types de thixotropie. α_0 est notamment influencé par les électrolytes présents dans la phase dispersive de la suspension : en présence d'acide sulfurique ou d'acide formique dilués, α_0 prend une valeur voisine de 0,2 radian.

Il est nécessaire d'attirer l'attention sur le fait que la détermination de α_0 comporte une mesure de F qui, par nature, est susceptible de fluctuations importantes, surtout pour les faibles thixotropies, où des causes accessoires de

(1) J. Barriol, J. M. Bloch et F. Kayser, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1899.
(2) J. M. Bloch, *Thèse Doctorat Sciences physiques*, Nancy, 1950.

rupture du gel (vibrations fortuites) jouent un rôle essentiel. Il est donc indiqué de procéder à un grand nombre de déterminations successives pour que la mesure de α_0 puisse être considérée comme ayant un sens physique; les écarts entre les valeurs extrêmes obtenues peuvent être considérables et, dans une série d'expériences par exemple, il a été obtenu des valeurs de α_0 comprises entre 0,020 et 0,040 radian. Il n'en reste pas moins que la représentation graphique de l'ensemble des résultats expérimentaux ne laisse subsister aucun doute sur cette loi de la constance de α_0.

Des essais sont en cours, en vue d'explorer le mécanisme intime de la gélification thixotropique, grâce à la mesure de α_0, en fonction des différents facteurs susceptibles d'influer sur la thixotropie.

MINÉRALOGIE. — *Reproduction artificielle de la sillimanite.* Note de Mme **Mireille Christophe Michel-Lévy**, transmise par M. Albert Michel-Lévy

La sillimanite a été reproduite à 450 et à 500°, sous une pression de vapeur d'eau de 50 kg/cm² environ, en présence de borate de sodium. Ce n'est donc pas nécessairement un minéral de haute température et de forte pression.

La synthèse de la sillimanite $SiAl_2O_5$ n'avait pas été réalisée jusqu'ici. De nombreuses expériences à haute température (entre 1300 et 1400°) avaient cependant permis d'obtenir un produit très voisin, la mullite $3Al_2O_3\,2SiO_2$, que l'on a d'ailleurs longtemps confondue avec la sillimanite car la ressemblance entre les deux minéraux est très grande.

Nous venons de reproduire artificiellement la sillimanite à des températures basses (450-500°) dans les conditions suivantes; les proportions de silice et d'alumine amorphes correspondent dans tous les essais à la formule $SiAl_2O_5$.

a. Essais avec 20 % de borate de sodium $B_4O_7Na_2, 10H_2O$ (soit 2 % de bore et 2 % de sodium environ), sous pression de vapeur d'eau voisine de 50 kg/cm².

1. A 500°, on obtient des cristaux de sillimanite visibles au microscope, en touffes de fines aiguilles bien biréfringentes, d'indice moyen 1,66, à extinction droite et allongement positif. Leur longueur ne dépasse pas une vingtaine de microns. En présence de fer, elles ont tendance à se grouper autour de grains ferrugineux et la cristallisation semble plus abondante. En même temps, naissent de nombreuses plaquettes d'albite. Un premier diagramme de rayons X a indiqué un mélange de sillimanite et d'albite. Pour obtenir un cliché de sillimanite pure, le produit a été chauffé au four Mecker vers 1200°. L'albite a fondu (point de fusion 1122°). Seul subsiste alors le diagramme de la sillimanite, mais les raies de celui-ci sont faibles, car le produit est mélangé d'une certaine proportion de corps amorphes. On ne peut donc le distinguer de celui de la

mullite, les seules différences entre les deux diagrammes étant des différences d'intensité de certaines raies.

2. Nous n'avons pas obtenu de sillimanite à 400°, mais un produit microcristallin qui, recuit six jours à 450°, toujours sous 50 kg/cm² de pression de vapeur d'eau, montre alors le développement de très fines aiguilles de sillimanite.

3. Mais une dernière expérience à 450° n'a pas donné directement de sillimanite.

b : Essais à plus haute pression de vapeur d'eau.

Sous une pression de 500 kg/cm² et à 500°, on n'obtient plus de sillimanite.

1. En présence de traces de fer, on est dans le domaine de cristallisation de la tourmaline qui naît en grande abondance dans ce milieu hyperalumineux.

2. Mais en l'absence de fer, la tourmaline ne cristallise pas et il se forme un produit micacé abondant qui a donné un beau diagramme de paragonite (mica blanc sodique).

Il est intéressant de noter que l'influence de la tension de vapeur d'eau semble prépondérante dans la formation soit du minéral anhydre qu'est la sillimanite, soit de minéraux hydroxylés, tourmaline ou paragonite.

c. Essais d'autres minéralisateurs (à 50 kg/cm² et à 500°). — On n'obtient pas de sillimanite, ni avec de la soude, ni avec le fluosilicate de sodium; avec ce dernier, c'est la topaze qui cristallise en très petits cristaux en même temps que l'albite.

Ainsi, dans cet ensemble d'expériences, la sillimanite n'est apparue qu'à basse pression de vapeur d'eau et en présence à la fois de bore et de sodium.

Ces résultats sont d'un véritable intérêt pour les géologues : en effet, en raison du haut point de fusion de la sillimanite (1816°), ces derniers ont souvent attribué la présence de ce minéral à l'influence de la haute température sous haute pression. En réalité, il se rencontre dans certaines pegmatites et dans des sédiments silico-alumineux modifiés au contact du granite, mais il est surtout fréquent dans les gneiss où il accompagne la cordiérite; il faut noter que les gneiss en question ont presque toujours subi des actions pneumatolytiques car ils sont injectés de granulite. L'influence de la pneumatolyse accompagnant les phénomènes qui conduisent à sa formation semble donc un facteur prédominant, et nos expériences cadrent avec les conditions de genèse probables dans la nature.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *De l'importance de la notion de viscosité pour juger de la puissance érosive des cours d'eau en milieu climatique oranais.* Note (*) de M. **Jean Pouquet**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

Grâce aux conditions spéciales d'ordre climatologique et paléoclimatique, la forte teneur en sels solubles des régions oranaises est en grande partie responsable de la valeur accrue des phénomènes turbulents, cause première de l'action érosive des oueds de la région.

On sait que si l'écoulement laminaire (régime de Poiseuille) est pratiquement dénué d'action érosive, l'installation de la turbulence (régime de Venturi) est à l'origine aussi bien de l'enfoncement linéaire, du façonnement du lit, que du pouvoir accru de transport des rivières. L'apparition du régime turbulent permet une augmentation en valeur absolue de la masse des matériaux transportés tout en éloignant le fluide du point de saturation (notion de charge limite) [1].

Le nombre de Reynolds (N, coefficient de turbulence) nous permet de juger des conditions d'existence de la turbulence : $N=\gamma(V_m R/a)$ (γ, densité du liquide; R, rayon hydraulique; V_m, vitesse moyenne et a, coefficient de viscosité). En remplaçant V_m par sa valeur $V_m = C\sqrt{RI}$ (C, coefficient de rugosité; I, pente; formule de Chézy), on obtient $N=\gamma(C\sqrt{R^3 I}/a)$, ce qui permet de saisir plus facilement les facteurs favorables au régime de Venturi : rugosité (frictions, frottements, obstacles), rayon hydraulique et pente, mais laisse encore dans une demi-obscurité le facteur a.

Avec Bouasse [1] on peut simplifier ainsi : *l'écoulement par filets rectilignes et parallèles est insoutenable dès que la vitesse dépasse une certaine valeur critique, et que les tourbillons ne sont dus qu'à la viscosité.*

Un fluide parfait ne saurait admettre le régime turbulent, quels que soient les facteurs de vitesse, de rugosité, de rayon hydraulique. Le fluide parfait n'est qu'une vue de l'esprit; la viscosité des fluides varie de l'un à l'autre (eau à 0° : 0,0178 C. G. S.; huile de ricin : 18; air à la température ordinaire : 0,00017, etc.); elle varie aussi, pour un même fluide, selon la température (en sens inverse pour l'eau, parallèlement pour l'air), selon la pression (d'une façon d'ailleurs insensible et négligeable avec les variations barométriques de l'atmosphère), selon la composition chimique surtout, semble-t-il.

1° *Données thermiques.* — Approximativement, pour 1° d'élévation de

---

(*) Séance du 12 juin 1950.

(1) *Cf. a.* Pardé, *Cours de Potamologie Dynamique fluviale*, **2**, p. 247 à 709; *b.* Bruhat, *Cours de mécanique physique*, **8**, 1934, 5e partie (Notions de mécanique des fluides); *c.* Bouasse, *Jets, tubes et canaux*, **21**, 1923, p. 246-256, 282-312, 330-340; *d.* Bouasse, *Hydrodynamique générale. Fluides parfaits et visqueux. Ailes d'avion, ibid.*, **23**, 1928, p. 192-194, 203-205.

température, le coefficient de viscosité de l'eau diminue de 2 à 3/10000. Pratiquement la température de l'eau de nos oueds oscille de 0° à 18° au maximum, ce qui donne une valeur de viscosité comprise entre 0,017 et 0,010. Si l'on veut bien se rappeler que les précipitations en Oranie se produisent en saison froide, que les températures *vraies* au sol oscillent fréquemment autour de 0° en janvier et en février, on en déduira que la valeur maxima du coefficient de viscosité est presque toujours réalisée. Il est en tous cas supérieur à celui des régions à saison humide localisée en été, et supérieur aussi (à égal volume annuel des précipitations) à celui des pays tempérés.

2° *Données chimiques.* — Pour l'Oranie ces données revêtent une importance particulière, sous deux formes essentielles :

a. les poussières limoneuses très denses, sans modifier la composition chimique du fluide, apportent une gêne supplémentaire au déplacement des filets liquides et provoquent une amplification de la turbulence;

b. les eaux, les sols sont très fortement chargés en sels solubles (²) (héritage des paléoclimats, attérissements continentaux sous climat steppique, innombrables affleurements de Trias gypsosalin). L'augmentation du coefficient de viscosité paraît intimement lié à la teneur en chlorures, sulfates, calcium, etc. La saison sèche (en été) permet la concentration en surface des sels solubles, lesquels seront immédiatement entraînés par les premières pluies vers le lit des oueds. Cette forte salure accélère en même temps l'évolution vers une forme solifluidale des argiles qui prennent l'aspect d'un fluide sans aucune tenue. La violence des averses d'hiver, le relief heurté de la région viendront encore accroître les vitesses d'écoulement d'un fluide à viscosité relativement élevée. Or, si *les forces de viscosité décroissent à mesure que la vitesse diminue et s'annulent avec elle* (³), la proposition inverse s'établit d'elle-même.

La considération du coefficient de viscosité, trop souvent négligé, permet de serrer de plus près la recherche des origines de l'érosion fluviale. Il me paraît même qu'il y aurait là un des multiples facteurs capable de mieux faire comprendre la violence érosive en milieu nord-africain, et dans les régions soumises aux mêmes conditions climatiques (climats d'appartenance méditerranéenne).

(²) *Voir* à cet égard les très suggestives analyses de sols et d'eau réalisées par la *Socoman* en vue de l'établissement de la canalisation d'eau du barrage des Beni Badhel à Oran. *Cf.* le dossier *Barrage de Beni Badhel* (dactylographies, coupes, cartes, etc.) au Service de la colonisation et de l'hydraulique à Alger.

(³) Bruhat, *op. cit.*, 317, p. 438, souligné dans le texte.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de mouvements calédoniens au Mouydir (Sahara Central)*. Note de M. **Jacques Follot**, présentée par M. Charles Jacob.

En 1935 [1], le regretté Conrad Kilian avait signalé l'existence de mouvements calédoniens au Sahara Central. Au cours de ma dernière mission dans le Mouydir, j'ai pu vérifier et préciser ses observations. Les mouvements calédoniens sont mis en évidence d'une part par la stratigraphie, d'autre part par la tectonique.

Si nous faisons la coupe du *tassili externe* du Mouydir dans la région du Djebel Bagline, au-dessus des schistes à Graptolites gotlandiens, nous trouvons des grès littoraux, en dalles plus ou moins épaisses, couvertes de pistes de Vers et présentent quelques lits schisteux intercalés. Au-dessus viennent des grès rouges assez grossiers, à stratification entrecroisée qui forment la majeure partie du *tassili externe*. Localement, au Nord du bordj de Tadjmout, ils reposent en discordance très nette sur les couches terminales du Gotlandien. A l'intérieur de cette série, nous observons de nombreuses discordances de stratification qui peuvent atteindre 40°. Ces grès rouges sont sans aucun doute d'origine continentale. Au-dessus, nous trouvons un conglomérat ferrugineux, puis des grès renfermant en abondance : *Spirifer arduennensis, Spirifer paradoxus,* des pygidiums de Trilobites et des Pterinées.

Les grès rouges se retrouvent dans tout le Mouydir, sauf dans la région de Tiguelguemine, où ils font place à des grès littoraux plus ou moins schisteux. Vers l'Ouest, ils diminuent progressivement d'épaisseur et disparaissent au Nord du puits d'In Belrem, où la série éodévonienne devient entièrement marine.

A la fin du Gotlandien, nous voyons donc s'établir dans cette partie du Sahara Central un régime de sédimentation continentale. Le Mouydir était alors émergé, tandis qu'à l'Ouest, l'Ahnet demeurait dans le domaine marin. Toutefois la sédimentation marine persistait dans des golfes comme la région de Tiguelguemine.

C'est de l'Ouest que la mer revient progressivement. D'In Belrem au Djebel Bagline, nous suivons très bien cette avancée, le conglomérat de base se trouvant de plus en plus haut. Ainsi dans l'Oued Ag Maamar, il est surmonté par 60^{m} de grès en plaquettes à ripples marks, coupés à mi-hauteur par un niveau ferrugineux renfermant : *Spirifer hercyniæ, Spirifer bischofi*. Plus à l'Est, ce niveau recouvre directement le conglomérat; enfin, à partir d'Ain Tidjoubar, ce dernier n'est plus surmonté que par les couches à *Spirifer arduennensis*.

D'autre part, si les principales unités tectoniques du Mouydir sont orientées Nord-Sud, suivant la direction hercynienne, dans le *tassili interne* il existe des plissements dirigés Est-Ouest.

---

[1] *De la coupe d'Amserha et des mouvements calédoniens au Sahara* (*C. R. Som. Société Géologique*, 1935, p. 219).

On peut en observer plusieurs sur la piste de Tamanrasset, entre Tilmas In Takoula et le Bordj d'Arak. Le premier est le synclinal de Tiratimine qui fait affleurer les schistes gotlandiens au cœur de l'Adrar Tiratimine. Plus au Sud, à Aouinet el Aroui, il y a un magnifique pli déversé et faillé. Au bordj de Tadjmout, les *grès inférieurs* sont affectés par une faille Est Ouest associée à un petit décrochement latéral. A l'Est de Tadjmout, l'Oued Irarrar jalonne un synclinal de direction analogue. De l'autre côté de la grande apophyse antécambrienne de Tadjmout Arak, nous trouvons des plis semblables, souvent faillés ou déversés, comme c'est le cas à Hassi Takoumbaret. Sans doute en observerons-nous d'autres au fur et à mesure que se complètera notre connaissance des tassilis internes.

Cette direction de plis ne se retrouve pas dans les couches postérieures au Silurien. D'ailleurs au Nord de Tadjmout, dans les *grès inférieurs* plissés Nord Sud, nous pouvons observer des traces de plis Est-Ouest brisés par les mouvements hercyniens, ce qui prouve leur antériorité. Ils ne peuvent donc être que calédoniens.

En résumé, l'étude de la tectonique confirme les données de la stratigraphie. *Il y a eu au Sahara Central des mouvements calédoniens qui ont provoqué la formation de plis Est-Ouest et l'émersion du Mouydir durant la majeure partie du Dévonien inférieur.*

GÉOLOGIE. — *Sur l'ancienneté probable des directions méridiennes dans la partie septentrionale du Massif Central français.* Note (*) de M. **Jean Dautry**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

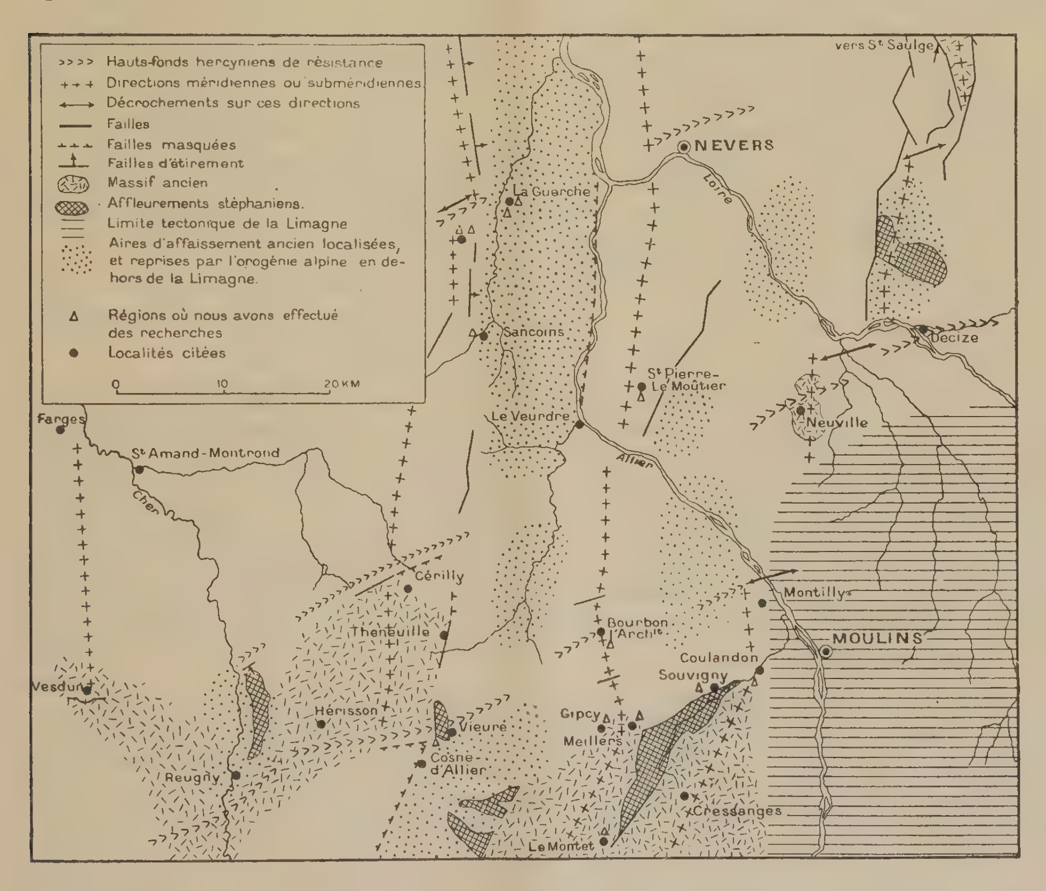
L'étude de la région comprise entre Saint-Amand-Montrond, Saint-Saulge, Le Montet et Reugny (Nord de Montluçon), paraît indiquer que les fractures Tertiaires consécutives à l'orogénie Alpine se sont greffées sur des directions méridiennes plus anciennes. La poursuite de ces dernières directions à travers le massif ancien s'effectuerait à la suite de décrochements latéraux Est-Ouest, pour aboutir plus au Sud à des lignes de torsion Anté-Stéphaniennes de direction NNE-SSW.

J'ai été amené antérieurement, en utilisant les travaux de MM. A. Michel-Lévy, E. Raguin, J. Jung, A. Demay, G. Mouret, à admettre la coexistence de deux styles tectoniques, l'un assez souple formant une zone plissée d'âge Post-Dinantien et Anté-Stéphanien au Nord du Massif Central français, l'autre plus au Sud comprenant des Batholites dont l'évolution paraissait absolument différente. A l'ancienneté d'une subsidence Dinantienne développée à l'Est du socle cristallin portant la chaîne des Puys, et formant déjà, selon M. J. Jung, une sorte de *prélimagne*, je crois pouvoir aujourd'hui ajouter les précisions suivantes :

Entre le Sancerrois et le Morvan, il semble exister une série d'axes anticli-

(*) Séance du 12 juin 1950.

naux et de zones déprimées de direction sensiblement méridienne. Ces ondulations, interrompues le long des lignes de résistance Anté-Stéphaniennes de direction ENE-WSW ou E-W, y subissent des décrochements latéraux de valeur à peu près constante (8 à 10^{km} Est-Ouest) ou parfois une torsion ayant pour résultat un décalage des plis vers le Sud-Sud-Ouest. Entre ces anticlinaux, de grands fossés, individualisés sans doute dès la fin du Carbonifère, paraissent avoir joué le rôle de subsidences locales. Ces plis, amorcés vraisemblablement depuis longtemps, continuaient à jouer à la fin du Permien. Ceci est confirmé, en particulier :



par la présence de quartz d'âge éotriasique dirigés Nord-Sud sur le bord occidental du Morvan et du massif de Saint-Saulge, ainsi qu'entre Gipcy et Meillers (Ouest de Moulins);

par les grès Saxoniens transgressifs sur une faille Nord-Sud déjà nivelée, dans le bassin Permien du Bourbonnais ;

par les variations d'épaisseur des Arkoses de Cosne, en augmentation sur des directions N-S et NNE-SSW, ces dernières étant en rapport avec les torsions subies par les axes ;

par la lacune du Rhétien sur un bombement entre Saint-Pierre-le-Moûtier et Bourbon-l'Archambault, avec gouttières synclinales Nord-Sud dans lesquelles ce même Rhétien existe (Recherches de 1948 et 1949).

Dans le Morvan, on se trouve en présence de directions méridiennes plus anciennes (Frasnien et Famennien des feuilles de Charolles et d'Autun) très bien établies par M. Michel-Lévy. Une reprise de mouvements dès la fin du Lias, suivant les mêmes axes, semble enfin attestée :

par une lacune à Germigny-l'Exempt (Ouest de la Guerche), où le Vésulien transgressif est discordant sur l'Hettangien et le Sinémurien, après avoir recouvert une faille Anté-Vésulienne nivelée ;

par un accident à Farges (Ouest de Saint-Amand-Montrond) où l'Aalénien plonge vers le Nord, entouré de Bajocien reposant en discordance angulaire ;

par les faciès, tous deux inséparables, du sommet de l'Aalénien et de la base du Bajocien, très différents, à l'Ouest du fossé du Sancerrois, de ceux de l'Aalénien à l'Ouest de Sancoins constitué par des marnes noires et bleues surmontées directement de Bajocien moyen non ferrugineux ;

par les pendages montrant la formation d'un anticlinal Nord-Sud dissymétrique, très aplati, avec sur sa retombée Est une série de failles d'étirement caractéristiques.

On peut donc penser que l'affaissement du fossé du Sancerrois est ancien et ne se développe vers le Nord qu'à partir du haut-fond Anté-Stéphanien allant du Nord de Cerilly à Decize, marquant un resserrement et un amortissement des plis méridiens. Il n'en est que plus curieux de constater que c'est au Sud de la zone Cerilly-Decize et Hérisson-Montilly (Nord-Ouest de Moulins) que s'accomplit le passage des directions N-S aux directions NNE-SSW. Le schéma ci-joint indique la région considérée et les recherches effectuées.

Ainsi, les directions méridiennes seraient intimement liées aux directions Hercyniennes. Les mouvements dus à l'orogénie Alpine, dont l'influence est majeure dans cette région, n'auraient fait, sur des directions à peu près identiques, que reprendre, en partie, des mouvements plus anciens.

PALÉONTOLOGIE. — *Développements aberrants chez* Orbitolites complanatus *Lamarck*. Note de M. **René Abrard**, transmise par M. Charles Jacob.

Des individus aberrants d'*Orbitolites complanatus* Lamarck m'ont été remis par L. Morellet il y a quelques années.

L'échantillon 1, du Lutétien supérieur de Bois-Gouët montre un développement semi-annulaire ; l'embryon est presque isolé et mis en saillie, à l'intérieur d'un espace délimité par l'avancée des lobes latéraux des loges semi-annulaires.

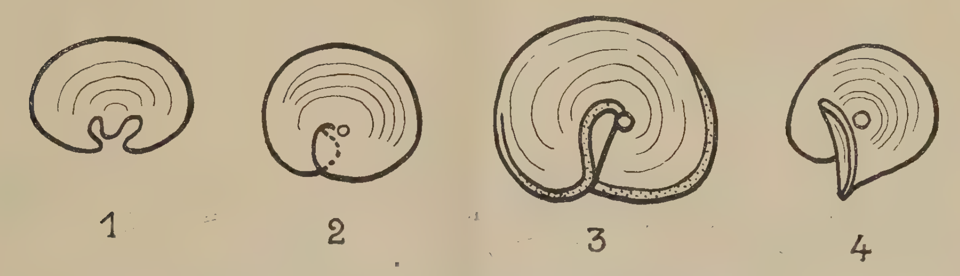
Le n° 2, du Calcaire grossier de Grignon, paraît être une exagération du cas qui précède ;

les lobes des loges semi-annulaires se sont développés de manière à chevaucher, ce qui les a amenés à s'accroître dans des plans différents.

L'échantillon 3, également de Grignon, encore plus compliqué, présente sur ses deux faces un segment d'Orbitolite subperpendiculaire à l'ensemble discoïde de la coquille. La structure de ces segments est normale et les bords périphériques sont en continuité avec ceux du disque dont ils ont les perforations marginales.

Cette disposition correspond à un relèvement sur chaque face de la coquille des lobes du n° 2, une sécrétion de calcaire par le protoplasme ayant ensuite soudé les lobes suivant leur ligne de rebroussement, la structure étant confuse au point de soudure.

Chez l'individu 4 de Bois-Gouët, il y a accentuation du développement ci-dessus et rabattement en arrière du lobe relevé.



Individus aberrants d'*Orbitolites complanatus* Lamarck.
1, Lutétien supérieur de Bois-Gouët, taille 3^{mm}; 2, Lutétien de Grignon, taille 8^{mm};
3, Lutétien de Grignon, taille $11^{mm},5$; 4, Lutétien de Bois-Gouët, taille 4^{mm}.

L'interprétation de ces individus aberrants, qui ne paraissent pas avoir été gênés dans leur croissance, semble devoir être recherchée dans un défaut du développement cyclostègue, ou plutôt dans un développement cyclostègue incomplet qui peut être considéré comme un rappel d'un stade ancestral *Peneroplis*.

On sait que dans les Orbitolites le stade Peneroplidé est très réduit ou nul et que les loges annulaires se disposent tout de suite autour de l'embryon, sans phase spiralée. Chez les échantillons étudiés, le développement annulaire des loges ne s'est pas réalisé et ils ressortissent à un stade *Peneroplis* à lobes enveloppants où la phase spiralée est nulle. Cela est d'une grande netteté sur l'échantillon 1, et à travers 2 on passe aux formes les plus compliquées. Il faut ajouter que ces malformations qui ne paraissent pas avoir été signalées et qui, au point de vue évolutif, semblent pouvoir être considérées comme régressives, sont rares.

BOTANIQUE. — *Sur le mode de dorsiventralité présenté par les sarments de la Vigne* (Vitis vinifera *L.*). Note (*) de M. **François Bugnon**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Le mode apotrope de dorsiventralité, très rarement observé jusqu'ici chez les Végétaux, est décrit dans les sarments de la Vigne et représenté par un diagramme; c'est apparemment le premier cas signalé pour des rameaux végétatifs.

Dans des Notes antérieures ([1]), consacrées surtout à l'interprétation des grappes et des vrilles de la Vigne, nous avons eu l'occasion de souligner le caractère dorsiventral de l'organisation d'ensemble du sarment. Or, chez les Végétaux, la dorsiventralité peut se présenter suivant divers modes; celui qui est réalisé dans le sarment de la Vigne mérite tout particulièrement d'être mis en relief.

Pour appliquer la notion de dorsiventralité aux feuilles et à leurs bourgeons axillaires, végétatifs ou floraux, on l'a rapportée à son origine anthropomorphique, ce qui implique, pour les deux faces opposées, l'équivalence des termes *ventrale* et *antérieure*, *dorsale* et *postérieure*. Mais, en faisant nécessairement abstraction de la nature des organes dissemblables des deux faces opposées chez l'homme, il a fallu recourir à des conventions pour pouvoir qualifier de ventrale ou de dorsale les faces considérées; les conventions adoptées ([2]) peuvent se définir aisément en imaginant un observateur placé suivant la nervure médiane d'une feuille, celle-ci étant dressée contre la tige, comme elle l'est dans le bourgeon terminal; la tête de l'observateur est vers le sommet de la feuille, ses pieds sont vers la base foliaire et il regarde la tige. Pour la feuille, qui présente d'habitude une forme nettement bifaciale et une dissemblance organique accusée entre ses deux faces, les faces ventrale ou antérieure, dorsale ou postérieure, correspondent à celles de l'observateur. Pour le bourgeon axillaire, on désigne comme face antérieure celle qui est en avant par rapport à l'observateur, donc du côté de la feuille axillante, et par suite comme face postérieure celle qui est du côté de la tige-support; si l'organisation du bourgeon est dorsiventrale, les faces antérieure et postérieure seront dites respectivement ventrale et dorsale.

Dans une tige feuillée ramifiée comme le sarment de la Vigne, à phyllotaxie alterne-distique dans la région végétative, à plans phyllotaxiques décussés pour les rameaux d'ordres successifs N, $N+1$, $N+2$, ... (*fig.*), la dissemblance organique des deux faces d'un bourgeon axillaire, tel que celui d'ordre $N+2$ par exemple, formé dans l'aisselle de la préfeuille α_1 du bourgeon d'ordre $N+1$, peut tenir en particulier à ce qu'on trouve toujours sur la même face la préfeuille α_3 de tous les bourgeons axillaires d'ordre $N+3$. Il en ressort immédiatement que deux modalités sont possibles pour cette dorsiventralité : toutes les préfeuilles considérées peuvent être soit, ainsi qu'on l'a figuré dans le diagramme, du côté de la feuille axillante, donc sur la face ventrale V_{N+2} du rameau $N+2$ (mode *apotrope*), soit du côté de l'axe d'ordre $N+1$, donc sur la face dorsale D_{N+2} du rameau

(*) Séance du 12 juin 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 770, 937, 1349 et 1967.

([2]) *Voir* par exemple : Ph. van Tieghem, *Traité de botanique* 2e éd., 1891, p. 282 et 360.

([3]) *Vergl. Morph. d. höh. Pfl.*, 1, 1re Partie, 1937, p. 335.

(mode *épitrope*). Troll, qui a défini ces deux modes de dorsiventralité et qui en a donné des diagrammes comparatifs (3), note que c'est le mode épitrope qui se présente très généralement; il ne peut citer, comme exemples du mode apotrope, que les rares cas décrits par Wagner pour des inflorescences (en 1931, chez une Turnéracée, *Piriqueta sidifolia;* en 1933, chez quelques espèces du genre *Acantholimon*, des Plumbaginacées).

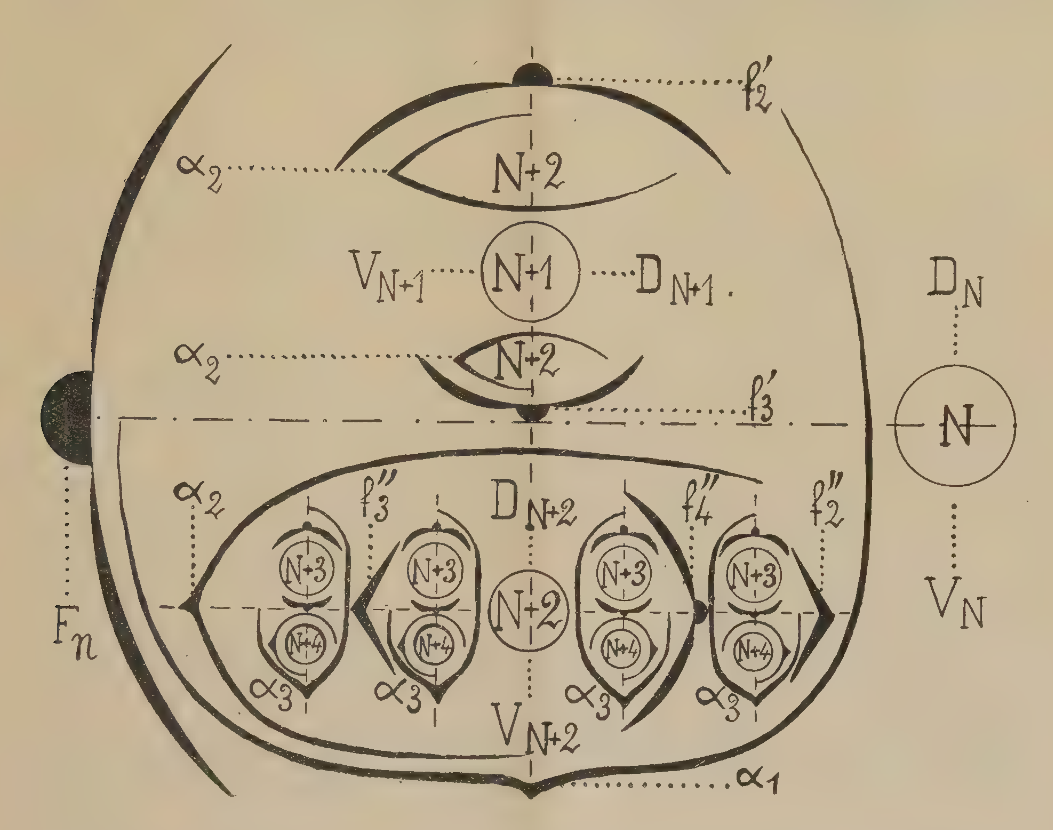


Diagramme d'un sarment de Vigne, à dorsiventralité apotrope. Pour le sarment d'ordre N, on n'a figuré que la feuille F_n et son bourgeon axillaire, d'ordre N + 1, à plan phyllotaxique perpendiculaire à celui de N; pour le bourgeon N + 1, on a figuré sa préfeuille α_1 et deux feuilles végétatives, f'_2, f'_3; on n'a figuré que la préfeuille α_2 des bourgeons axillaires d'ordre N + 2 des feuilles f'_2, f'_3 ; les trois préfeuilles α_2 sont du côté de la feuille axillante F_n, donc du côté ventral ou antérieur V_{N+1} du bourgeon N + 1; pour le bourgeon axillaire de la préfeuille α_1 (bourgeon dormant, futur sarment N + 2, à plan phyllotaxique parallèle à celui du sarment N), on a figuré la préfeuille α_2 et trois feuilles suivantes : f''_2 et f''_3, feuilles écailles et f''_4, feuille végétative; par son développement précoce et puissant, ce bourgeon N + 2 a rejeté du côté dorsal D_N du sarment N le reste du bourgeon N + 1 (prompt bourgeon, futur rameau estival). Les préfeuilles α_3 des bourgeons N + 3 et leurs bourgeons axillaires N + 4 (futurs sarments N + 4) sont du côté ventral V_{N+2}, le reste des bourgeons N + 3 étant de même rejeté du côté dorsal D_{N+2}.

Or, c'est précisément ce mode de dorsiventralité qui existe dans les sarments de la Vigne, laquelle fournit sans doute ainsi le premier exemple reconnu de dorsiventralité apotrope pour des rameaux végétatifs.

La décussation des plans phyllotaxiques des rameaux d'ordres successifs a pour conséquence que si un sarment d'ordre N a son plan phyllotaxique horizontal, et par suite ses deux faces en position supérieure et inférieure, tous

les rameaux d'ordre impair ($N+1$, $N+3$, ...) auront leur plan phyllotaxique vertical et leurs faces seront en position latérale, droite et gauche; mais tous les rameaux d'ordre pair ($N+2$, $N+4$, ...), qui constituent les sarments successifs, auront leur plan phyllotaxique horizontal : la similitude de leur organisation dorsiventrale et de leur apotropie fait que toutes leurs faces ventrales se trouvent du même côté. Quand l'ensemble s'allonge sur le sol, faute de support, ce sont ces faces ventrales (V_N, V_{N+2}, ...) qui s'appliquent sur le sol et deviennent faces inférieures.

ENZYMOLOGIE. — *Sur la mise en évidence de l'allantoïcase chez les êtres vivants (Végétaux).* Note de Mme **Geneviève Brunel-Capelle**, présentée par M. Roger Heim.

Nous avons montré dans une Note antérieure (¹) que l'existence chez les Animaux d'un processus enzymatique de transformation de l'acide glyoxylique pouvait amener une cause importante d'erreur dans la recherche de l'allantoïcase. Cet inconvénient peut être évité en ajoutant au milieu, pour bloquer la fonction aldéhydique de l'acide glyoxylique engendré, trois fois la quantité théorique de chlorhydrate de phénylhydrazine nécessaire à l'obtention de la phénylhydrazone glyoxylique.

Le problème de la recherche de l'allantoïcase chez les Végétaux se pose d'une manière identique. Ainsi, si l'on fait agir à pH 7,3 et à 39° sur une solution M/500 d'allantoate de potassium, en l'absence et en présence de phénylhydrazine, le mycélium de *Sterigmatocystis nigra* Cram. cultivé sur acide urique comme source d'azote, on obtient les résultats indiqués dans le tableau ci-après :

Temps en heures.	Acide glyoxylique trouvé pour 1000 cm³.			
	Exprimé en acide glyoxylique.		Exprimé en acide allantoïque.	
	En l'absence de phénylhydrazine.	En présence de phénylhydrazine.	En l'absence de phénylhydrazine.	En présence de phénylhydrazine.
	mg	mg	mg	mg
1..........	10,0	23,6	23,7	55,9
3..........	6,4	29,6	15,1	70,1
5..........	1,4	25,4	3,3	60,2

On remarque encore ici le rôle essentiel que joue la phénylhydrazine dans la caractérisation de l'enzyme allantoïcase; à la concentration retenue, la phénylhydrazine ne présente d'ailleurs pratiquement pas d'effet inhibiteur sur le catalyseur biochimique.

Au cours de recherches portant sur des espèces de la famille des

(¹) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1979.

Légumineuses, nous avons été amenée à constater que certaines d'entre elles possédaient, ainsi que le *Sterigmatocystis nigra* et les espèces animales déjà étudiées, la propriété de transformer l'acide glyoxylique.

Espèces.	Transformation de l'acide glyoxylique par fleurs entières.	fruits jeunes.	graines non mûres.	gousses.
Mimosoïdées.				
Enterolobium cyclocarpum Gris.	++++		(*)	+++
Acacia Farnesiana Willd.		+++	++	+++
Pithecolobium dulce Benth	+	traces	++++	
Albizzia Lebbek Benth	++		++	
Leucaena glauca Benth	+	+	++++	
Adenanthera pavonina L	+ faible	+ faible	+++	
Mimosa pudica L	+		++++	
Desmanthus virgatus Willd.	—	—	—	
Caesalpinioïdées.				
Cassia siamea Lamk.	++++	++++	++++	
Caesalpinia Sappan L	++++	++++	++++	
Caesalpinia pulcherrima Sw	+		traces	
Caesalpinia minax Hance.	—		—	
Mezoneuron pubescens Desf	—	++++	++++	++++
Poinciania regia Bojer ex DC	+		++	
Papilionées.				
Sesbania grandiflora Pers.	—	++	++++	+
Sesbania cannabina Pers	+++	+++	+++	
Phaseolus calcaratus Roxb.	++	+++	++	
Tephrosia purpurea Pers	+++	+	+	
Mucuna pruriens DC.	++++		++++	—
Indigofera hirsuta L	+	++		
Indigofera endecaphylla Jacq.	—	traces		
Crotalaria striata DC.	—	—	—	—
Crotalaria anagyroides H. B. et K.	—	+ faible	+ faible	
Crotalaria usaramoensis E. G. Baker.	—		+	

(*) Cotylédons ++, enveloppes de graines ++, embryons +++++.

Dans le cas du *Sterigmatocystis nigra* et des embryons d'*Enterolobium cyclocarpum* la transformation de l'acide glyoxylique est d'origine enzymatique : elle n'apparaît plus lorsque la macération à été portée 30 minutes à 100°. Par contre, les essais effectués sur les graines non mûres privées de téguments de *Leucaena glauca* et sur les graines non mûres et les gousses de *Mezoneuron pubescens* montrent que la transformation n'est pas d'ordre enzymatique : elle s'effectue de façon analogue avec la macération portée ou non à 100°. Enfin,

chez *Acacia Farnesiana* (graines non mûres), les deux types de réaction coexistent.

Chez les Animaux comme chez les Végétaux, on constate l'existence d'un processus enzymatique de transformation de l'acide glyoxylique. Toutefois, chez les Végétaux, le processus vient se compliquer par l'intervention de catalyseurs thermostables capables de provoquer le même phénomène.

ALGOLOGIE. — *Sur la sécrétion, par certaines Cyanophytes, de substances algostatiques dans les collections d'eau naturelles.* Note de M. **Marcel Lefèvre**, M[lles] **Hedwig Jakob** et **Maud Nisbet**, présentée par M. Roger Heim.

L'inhibition des Algues accompagnant une espèce algale largement dominante dans une collection d'eau naturelle n'est pas le résultat d'une concurrence nutritive. Cette inhibition est due à la sécrétion, par l'Algue dominante, de substances actives algostatiques.

Lorsque, dans une collection d'eau naturelle, une espèce d'Algue planctonique se multiplie en abondance au point de pouvoir parfois former fleur d'eau, on remarque que la plupart des autres espèces cohabitant avec cette Algue se raréfient à l'extrême et ne sont plus représentées que par un nombre infime d'individus.

On attribuait simplement ces faits à un phénomène de *concurrence vitale* en sous-entendant surtout une concurrence d'ordre alimentaire dont on ignorait le mécanisme.

Nos recherches sur les compatibilités et antagonismes entre Algues nous ont incités à envisager la question sous un angle tout à fait différent, celui de la sécrétion par l'Algue devenue dominante de substances algostatiques inhibant la multiplicité des autres espèces présentes dans la même collection d'eau. Voici le résultat de nos observations et essais :

En octobre 1949, les canaux du Parc présidentiel de Rambouillet (13[ha]) étaient envahis par une Cyanophyte planctonique : *Aphanizomenon gracile* Lemm. On notait la présence de plusieurs milliers de trichomes au centimètre cube. Les Algues d'accompagnement étaient extrêmement rares.

Un prélèvement de l'eau des canaux fut alors filtré et le filtrat réparti dans des boîtes de Pétri.

Les canaux sont alimentés par des sources provenant d'une nappe peu profonde. Une certaine quantité d'eau de cette nappe, prise à proximité immédiate des canaux, fut également répartie dans des boîtes de Pétri devant servir de témoins. Différentes Algues de divers groupes provenant de nos souches de laboratoire furent ensemencées dans les deux séries de boîtes. Les résultats obtenus furent les suivants :

Témoins. — Toutes les Algues ensemencées se sont parfaitement multipliées.

Eau des canaux. — Arrêt de multiplication complet, puis, parfois, destruction de : *Pediastrum boryanum* (Turp.) Menegh., *Pediastrum clathratum* var. *punctulatum* Lemm., *Cosmarium lundellii* Delp., *Phormidium uncinatum* (Ag.) Gomont.

Action encore énergique mais moins marquée sur *Micrasterias papillifera* Breb.

En avril 1950, *Aphanizomenon gracile* Lemm, avait fait place dans les canaux à *Oscillatoria planctonica* Woloszinska qui s'y était multipliée avec autant d'intensité. Nous avons alors répété l'expérience faite avec *Aph. gracile* et avons obtenu des résultats identiques : témoins excellents; arrêt de multiplication ou destruction, par l'eau des canaux, de *Pediastrum boryanum*, *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb., *Chlorella pyrenoidosa* Chick., *Cosmarium lundellii*, *Cosmarium obtusatum* Schmidle, *Phormidium uncinatum* (Ag.) Gomont, *Phormidium autumnale* (Agardh) Gomont. Action moins marquée sur *Micrasterias papillifera* Breb.

Une pêche planctonique faite dans les canaux à cette époque montra qu'*Oscillatoria planctonica* constituait à elle seule environ 999/1 000 du volume total phytoplanctonique, les autres Algues : Protococcales, Diatomées etc., n'étant représentées que par un nombre infime d'individus.

Des analyses chimiques de l'eau des canaux montrèrent que la raréfaction de ces Algues n'était pas causée par un manque de sels nutritifs. Elle contenait en effet, à ce moment, par litre : 3^{mg} de nitrates et $0^{mg},2$ de phosphates, quantités largement suffisantes pour permettre une excellente multiplication.

La raréfaction ne pouvait du reste pas provenir d'une carence en sels minéraux ni en oligoéléments, l'abondance des sources qui alimentent les canaux étant suffisante pour renouveler la totalité de la masse d'eau en une quinzaine de jours et leur richesse en sels minéraux étant fort grande (résidu sec à 180° : 680 mg/l environ).

Nous avons abandonné à elle-même, à la lumière pendant plusieurs semaines, une récolte d'eau des canaux renfermant en abondance *Oscillatoria planctonica* et quelques rares Algues d'accompagnement. Dès que les *Oscillatoria* furent mortes ce qui arrêta la sécrétion de substances actives, dès que les substances actives contenues dans la récolte furent détruites, les Algues d'accompagnement se multiplièrent très rapidement.

Nous avons eu la chance d'obtenir confirmation de ce fait dans les canaux mêmes. Au 5 juin les *Oscillatoria* ayant presque complètement disparu de la pièce d'eau, toutes les espèces d'accompagnement primitivement inhibées sont entrées en rapide multiplication et le plancton renferme maintenant en abondance Protococcales, Diatomées, Volvocales et quelques Péridiniens.

Enfin, l'expérience nous a montré que, dans une eau d'étang normale, c'est-à-dire dans laquelle aucune prolifération massive d'une seule espèce d'Algue ne s'était produite, la multiplication des Algues provenant des souches de laboratoire s'opérait parfaitement.

MYCOLOGIE. — *Note préliminaire sur le comportement nucléaire du mycélium monosperme des Homobasidiés.* Note de M. **Yen Hsun Chu**, présentée par M. Roger Heim.

Dénombrement des noyaux dans les divers articles du mycélium monosperme de 18 Polypores et de 73 Agarics. Comparaison entre le comportement nucléaire du tube germinatif et celui du mycélium monosperme chez les mêmes espèces.

Chez quelques espèces, le mycélium monosperme que nous avons étudié présente les mêmes caractères reconnus par M. R. Kühner au mycélium obtenu à la suite d'une bouture ou d'un semis polysperme. Cette similitude correspond à l'homothallie chez *Clitocybe* (*Clitopilopsis*) *hirneola* Fr. dont la spore binucléée donne un tube germinatif et un mycélium à articles le plus souvent binucléés, parfois à trois noyaux. Il est difficile d'affirmer qu'il en est de même pour *Phæolus Schweinitzii* (Fr.), *Xanthochrous radiatus* (Sow.), *Poria reticulata* (Fr.), *Galera clavata* Velen. et *Bolbitius vitellinus* (Pers.), dont les articles terminaux de tous les mycéliums, quelle qu'en soit l'origine, sont cénocytiques. Par contre, dans les espèces suivantes, le mycélium monosperme est un mycélium primaire, car il est bien différent du polysperme.

I. Polypores. — 1° Espèces à spore uninucléée donnant un mycélium primaire à articles tous uninucléés : *Melanopus varius* (Fr.), *Spongipellis borealis* (Wahl.), *Coriolus hirsutus* (Wulf.), *versicolor* (L.), *Trametes quercina* (L.), *Daedalea biennis* (Bull.), *Lenzites flaccida* (Bull.) et *Ungulina marginata* (Fr.).

2° Espèces à spore uninucléée donnant un mycélium monosperme à articles cénocytiques : *Melanopus Forquignonii* (Quél.), *Leptoporus albidus* (Schæf.), *lacteus* (Fr.).

3° Espèces à spore binucléée donnant un mycélium monosperme à articles cénocytiques : *Coriolus unicolor* (Bull.), *Lenzites sepiaria* (Wulf.), *Trametes cervina* (Schw.), *Trogii* Bk.

II. Agarics. — A. *Leucosporés.* — 1° Espèces à spore uninucléée donnant un mycélium monosperme à articles tous uninucléés : *Panus torulosus* (Pers.), *Panellus violaceofulvus* (Batsch), *Lentinellus ursinus* (Fr.), *Pleurotus applicatus* Batsch, *candidissimus* B. et C., *Xeromphalina campanella* (Batsch), *Marasmius alliaceus* Jacq., *androsaceus* L., *epiphyllus* Pers., *oreades* Bolt., *ramealis* Bull., *rotula* Scop., *scorodonius* Fr., *Crinipellis stipitarius* (Fr.), *Mycena amicta* Fr., *citrinomarginata* Gillet, *crocata* Schrad., *elegans* Pers., *flavipes* Pers., *flavoalba* Fr., *floridula* Fr., *hæmatopus* Pers., *Langei* Maire, *olivascens* Quél., *sanguinolenta* Alb. et Schw., *vitrea* Fr., *xantholeuca* Kühner, *Collybia butyracea* Bull., *platyphylla* Pers., *pseudoclusilis* Konrad et Joss., *Rhodocybe striatula* Kühner, *Omphalia chrysophylla* Fr., *maura* Fr., *Tephrophana atrata* (Fr.), *inolens* (Fr.),

mephitica (ss Boud.), *rancida* (Fr.), *Clitocybe dicolor* Pers., *nebularis* Batsch, *pithyophila* Secr., *viridis* Scop., *Ripartites Tricholoma* (Alb. et Schw.), *Aspropaxillus giganteus* (Sow.), *Armillariella mellea* Vahl.

2° Espèces à spore binucléée donnant un mycélium monosperme à articles plus ou moins cénocytiques : *Tephrophana tesquorum* (ss Lange), dont les articles terminaux peuvent renfermer jusqu'à une dizaine de noyaux ; *Clitocybe cyathiformis* Fr., articles contenant de 1 à 4 noyaux; *Clit. obbata* Fr., articles terminaux pouvant renfermer jusqu'à 14 noyaux.

B. *Chromosporés.* — 1° Espèces à spore binucléée donnant un mycélium monosperme à articles uninucléés : *Tubaria autochtona* Bk. et Br., *pellucida* Bull., *Galera sideroides* Bull., *Drosophila* (*Hypholoma*) *hydrophila* Bull.

2° Espèces à spore binucléée donnant un mycélium à articles cénocytiques : *Galera* (*Pholiota*) *marginata* Batsch, *sphagnorum* Pers., *Hebeloma sinapizans* Paul., *truncatum* ss Lange, *Pholiota mutabilis* Schaef., *Fulvidula hybrida* (Fr.), *Flammula lutaria* Maire, *spumosa* Fr., *Nematoloma capnoides* (Fr.), *fasciculare* (Huds.), *sublateritium* (Schaef.), *Psilocybe coprophila* (Bull.), *semilanceata* Fr., *Panaeolus separatus* (L.), *subbalteatus* B. et Br., *Coprinus* cf. *Friesii* Quél., *plagioporus* Romagn., *plicatilis* Curt.

Ces nouveaux résultats confirment ceux consignés dans notre Thèse. Le mycélium monosperme de 66 sur 70 Agarics leucosporés étudiés est à articles uninucléés; *Panellus mitis* Pers., *Tephrophana tesquorum*, *Clitocybe cyathiformis* et *obbata* font seuls exception et encore les trois dernières espèces sont à spore binucléée. Le mycélium monosperme de 49 sur 60 Agarics chromosporés est à articles terminaux cénocytiques.

La comparaison des résultats consignés ci-dessus avec ceux publiés dans une Note précédente [1] conduit nettement à la conclusion que le comportement nucléaire du mycélium monosperme déjà très développé concorde avec celui du tube germinatif à de rares exceptions près. Chez *Melanopus Forquignonii*, dont les germinations ont très souvent des articles uninucléés, le mycélium monosperme est franchement cénocytique, ses articles terminaux pouvant contenir 5-9 noyaux. Chez *Drosophila hydrophila* on observe un comportement inverse.

Chez les Polypores à articles terminaux très cénocytiques, tels que *Lenzites sepiaria*, *Phæolus Schweinitzii*, *Xanthochrous radiatus* et *Poria reticulata*, les articles subterminaux renferment également un grand nombre de noyaux. Nous n'avons vu qu'un seul Agaric, *Bolbitius vitellinus*, se comporter de la même manière. Chez les autres Polypores et Agarics à articles terminaux cénocytiques étudiés par nous, les articles subterminaux sont souvent binucléés ou plus rarement à un seul noyau.

---

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1689.

CYTOCHIMIE. — *Influence de l'aliment azoté sur la cytochimie de la croissance chez* Sterigmatocystis nigra. Note de M. **Jacques Gayet**, présentée par M. Roger Heim.

Dans un travail précédent ([1]) nous avons pu localiser et suivre l'évolution des acides désoxyribonucléique (noyaux) et ribonucléiques (cytoplasme et nucléoles) ainsi que des polymétaphosphates (corpuscules métachromatiques) à l'intérieur des tissus de *Sterigmatocystis nigra*, au cours de sa croissance sur milieu nutritif équilibré en présence d'azote ammoniacal.

Cette étude est reprise sur ce microorganisme en pratiquant des cultures dans les mêmes conditions expérimentales, mais en présence d'azote nitrique (nitrate de potassium).

Au début du développement le mycélium est formé de filaments à basophilie homogène, à membranes minces, à cytoplasme peu abondant et à vacuome développé. La pyronine colore assez fortement ce cytoplasme qui possède une structure granulaire. L'acide désoxyribonucléique est localisé dans des noyaux très peu nombreux, petits (diamètre de $0^{\mu},15$ environ), n'offrant pas de figures de division et dont le nucléole est extrêmement réduit. La majorité des filaments, ainsi que des conidiophores et des phialides déjà bien développés, possèdent un vacuome rempli de corpuscules métachromatiques.

A la sporulation le mycélium, dont l'épaisseur n'a pas varié sensiblement, offre une structure semblable à celle d'un mycélium à croissance active sur milieu ammoniacal, mais avec une amplification en ce qui concerne les différents détails cytochimiques. La zone supérieure aérienne, très fortement basophile, est formée de filaments à cytoplasme dense de structure granulo-fibrillaire et à vacuome très réduit. La zone inférieure immergée, moins basophile mais à structure cytoplasmique identique, possède un vacuome plus développé. Les noyaux sont très nombreux dans tout l'ensemble du mycélium, leur diamètre atteint $0^{\mu},30$, beaucoup sont en division et leur nucléole est énorme ($0^{\mu},10$ à $0^{\mu},15$). Nombreux se montrent les appareils reproducteurs à basophilie et à métachromasie très intenses.

A la sporulation active le mycélium, très épaissi, montre une basophilie uniforme, ses filaments offrent des membranes très développées, le cytoplasme étant rejeté le long des parois cellulaires par suite du vacuome qui devient prépondérant. Les noyaux sont disséminés dans l'ensemble des tissus, leur volume n'ayant pas varié, mais ils possèdent un nucléole très petit puisque le diamètre moyen tombe au dessous de $0^{\mu},05$. Les appareils reproducteurs en très grand nombre possèdent toujours les mêmes caractères cytochimiques qu'aux stades précédents.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1972.

Ces résultats sont en complet accord avec ceux fournis par l'analyse biochimique ([2]), notamment en ce qui concerne le comportement de l'acide ribonucléique cytoplasmique et des polymétaphosphates, particulièrement au début du développement : l'accumulation de ces deux composés phosphorés montre que leur synthèse est totalement indépendante de l'intensité des divisions nucléaires. Cette importante constatation rejoint les points de vue émis par Jeener et Brachet (acide ribonucléique) ([3]) et par Wiame (polymétaphosphates) ([4]) suivant lesquels il existerait une relation entre ces deux composés et les processus desmolytiques liés aux phénomènes d'oxydo-réduction. D'autre part, nous avons déjà montré le rôle joué par la ribonucléoprotéine cytoplasmique dans les processus de synthèse des enzymes de constitution du microorganisme ([5]), sans toutefois faire intervenir dans ces processus les polymétaphosphoprotéines. N'y aurait-il pas une relation entre l'intensité de cette synthèse et l'accumulation de ces deux composés dont le caractère commun est le substrat protéique? Ce dernier argument devra être, pour nous, le point de départ d'hypothèses de travail intéressantes.

L'acide ribonucléique des nucléoles représente, ici encore, une substance de réserve dont la synthèse est liée étroitement à celle de l'acide désoxyribonucléique nucléaire.

PHYSIOLOGIE. — *Musculature extrinsèque et équilibre des Poissons.*

Note (*) de M. **Jean Baron**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Après section bilatérale totale des muscles moteurs oculaires des Poissons et réimposition des globes oculaires en hyperconvergence, ou après déviation du globe par section des muscles moteurs oculaires antagonistes, on obtient des modifications de l'équilibre, soit à l'état statique, soit à l'état dynamique.

Au cours de recherches antérieures ([1]) sur les relations entre l'oreille interne et la musculature extrinsèque du globe oculaire, j'ai montré qu'il existait un rapport entre l'équilibre et l'existence d'une diplopie d'origine vestibulaire. L'examen de 35 sujets humains a mis en évidence, après irritation vestibulaire, des troubles de la convergence et de la divergence des globes oculaires associés

---

([2]) J. Gayet, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **31**, 1949, p. 1046; et *Thèse Doct. Sc. nat.*, 1949, Strasbourg.

([3]) *Enzymologia*, **11**, 1944, p. 222.

([4]) *Biochim. Biophys. Acta*, **1**, 1947, p. 234, et *J. biol. Chem.* **178**, 1949, p. 919.

([5]) R. Bonnet et J. Gayet, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 415.

(*) Séance du 5 juin 1950.

([1]) J. Baron, *Diplopie d'origine vestibulaire.* Thèse Faculté de médecine de Paris, 18 mars 1948, et P. Desvignes et J. Baron, *Revue d'oto-neuro-Opht.*, **20**, 1948, p. 379.

à des vertiges. Les vertiges disparaissaient quand on supprimait la diplopie par le port de verres prismatiques.

Ces constatations m'ont amené à étudier l'action des muscles moteurs oculaires sur l'équilibre. Dans une première série d'observations, qui s'étendra ultérieurement à l'ensemble des Vertébrés, j'ai choisi les Poissons en raison de leur possibilité d'effectuer des déplacements dans les trois dimensions de l'espace et de permettre de déceler plus facilement les troubles de l'équilibre.

L'ensemble des observations a porté sur 40 sujets, soit 10 Carassins (*Carassius auratus* L.), 12 Carpes (*Cyprinus carpio* L.), 12 Gardons (*Gardonus rutilus* L.), 6 Perches soleil (*Eupomotis gibbosus* L.).

D'une part, j'ai réalisé des hyperconvergences par deux procédés :

1° par ténotomie bilatérale des abducteurs (droit externe, grand oblique et petit oblique);

2° par ténotomie bilatérale et totale et réimposition du globe oculaire en hyperconvergence.

J'ai réalisé, d'autre part, des déplacements symétriques des deux globes oculaires en coupant les muscles ou groupes de muscles antagonistes (par exemple section du droit supérieur droit et du droit inférieur gauche, abducteurs droits et abducteurs gauches).

Dans tous les cas, j'ai obtenu deux résultats, l'un statique, l'autre dynamique.

Le premier se manifeste par une incurvation latérale du corps du Poisson, une inclinaison de l'axe transversal, et une angulation de 30 à 40° de l'axe antéro-postérieur avec le fond de l'aquarium. D'autre part, il existe une parésie de la dorsale, des pectorales et des ventrales du côté opposé à la concavité de l'incurvation, ainsi qu'une parésie de la moitié inférieure de la caudale.

Le second se manifeste par des mouvements circulaires et des mouvements en spirale. Les mouvements des nageoires pectorales et ventrales du côté opposé à la rotation sont plus lents. L'amplitude et la vitesse des mouvements rotatoires sont variables avec les espèces, et avec les individus d'une même espèce; entre autres exemples, je cite le cas d'un Gardon qui effectuait 20 tours de 20cm de diamètre à la minute. Ces mouvements étaient déclenchés par une excitation mécanique directe, ou une excitation lumineuse ou une excitation vibratoire. Entre les périodes giratoires s'intercalent des périodes de repos où l'animal prend les attitudes décrites dans l'énumération des résultats statiques. La durée de ce phénomène semble illimitée. Il s'y associe des déviations morphologiques secondaires touchant principalement la colonne vertébrale qui s'incurve dans les sens de la rotation (²).

(²) Il y a dans cette manifestation une analogie avec la courbure compensatrice réalisée chez l'Homme atteint de diplopie et connue sous le nom de torticolis oculaire.

L'ablation du segment antérieur, du corps vitré et de la rétine, unilatéralement ou bilatéralement, rend au Poisson son attitude normale, après un laps de temps qui dépend de la durée de la période pendant laquelle il a effectué les mouvements de rotation.

On provoque le même résultat par la ténotomie bilatérale totale, sans modifier l'orientation du globe oculaire et sans toucher au nerf optique.

Des expériences qui précèdent, il résulte qu'il existe un rapport entre l'équilibre, la musculature extrinsèque et les voies optiques, dont je préciserai ultérieurement les relations. Il apparaît déjà de façon certaine que les muscles adducteurs et abducteurs agissent comme un couple compensateur qui domine l'attitude du Poisson.

EMBRYOLOGIE. — *Mécanisme de l'épibolie gastruléenne.*

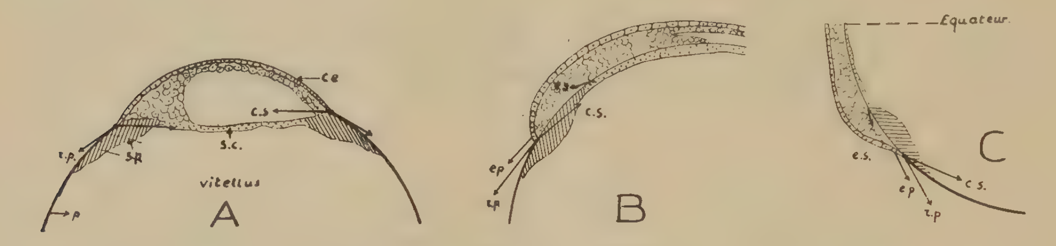
Note de M. **Charles Devillers**, présentée par M. Louis Fage.

Au seuil de la gastrulation l'œuf de Truite (*Salmoirideus*) se présente comme un système où deux groupes de forces, siégeant dans deux ensembles de structures histologiques, s'équilibrent mutuellement. Le premier ensemble structural, superficiel, se compose du disque embryonnaire (et plus précisément de sa couche enveloppante) (c. e.) en continuité avec la pellicule périvitelline (p.). Cette dernière, distendue par le vitellus, tend à se rétracter, donc à étaler le germe qui résiste passivement. Le second ensemble, profond, correspond aux syncytium (périblastes) périphérique (s. p.) et central (s. c.) qui se rattachent à l'ensemble superficiel par le syncytium périphérique soudé à la pellicule et à la face inférieure du germe; il s'agit là de liaisons labiles, non de continuités. Le syncytium périphérique se comporte comme un anneau élastique tendant à se refermer en direction du pôle supérieur de l'œuf, en entraînant avec lui le disque embryonnaire. Mais à cette contraction (c. s.) s'opposent la force de distension pelliculaire, plus faible, et la résistance passive du disque. Le syncytium central, peu élastique, ne joue guère de rôle à ce stade.

L'étalement épibolique du disque embryonnaire résulte d'une rupture de cet équilibre non par affaiblissement des forces de direction centripète mais par accroissement des forces de direction centrifuge dû à l'apparition, dans la couche enveloppante et dans le syncytium central, de deux nouvelles forces d'extension, assez faibles (e.e-e.s.). La pression du liquide blastocelien assure au germe une rigidité suffisante pour lui permettre d'exercer sa poussée (e.e) malgré la minceur de ses parois. L'action conjuguée de ces forces distend l'anneau syncytial périphérique et le fait glisser sur la surface vitelline, comme un bracelet de caoutchouc forcé sur une sphère; il tend donc à s'opposer au mouvement épibolique jusqu'à ce que le bord du germe ait dépassé le niveau de l'équateur; alors l'anneau syncytial est entraîné par sa propre force de

contraction vers le pôle inférieur de l'œuf et par ce mouvement renforce celui du système disque-pellicule.

Le principal moteur de l'épibolie réside dans le groupe germe-pellicule, cette dernière travaillant par rétraction ou par contraction active (?) pour distendre le blastodisque. Le groupe syncytial ne constitue qu'une force adjuvante, non indispensable, puisque l'épibolie peut s'effectuer en l'absence de mouvements syncytiaux.



Ces données expliquent l'exogastrulation provoquée par les détergents ou par les solutions hypertoniques. Ces milieux, liquéfiant les revêtements cellulaires [1], affaiblissent la contraction de la pellicule et l'expansion de la couche enveloppante, tandis qu'elles n'influencent pas la contraction du syncytium périphérique, protégé par la surface ovulaire, imperméable. L'équilibre se trouve renversé au profit du syncytium; il se contracte, entraînant vers le pôle supérieur le germe qui diminue de diamètre puis, si le traitement se prolonge, devient progressivement sphérique et finalement se détache du vitellus à la fermeture du syncytium. Sur un œuf où l'épibolie atteint l'équateur, les détergents et les solutions hypertoniques ne provoquent plus d'exogastrulation mais seulement un arrêt de l'épibolie car, à ce niveau, l'anneau syncytial ne peut plus remonter vers le pôle supérieur. Enfin lorsque l'épibolie dépasse l'équateur, les solutions n'agissent plus puisque la pellicule et le syncytium tirent dans le même sens; le traitement annule la traction pelliculaire, mais non celle du syncytium qui continue seul le mouvement.

ANTHROPOLOGIE. — *Nouvelles constatations sur le paléolithique inférieur de la grotte de Fontéchevade (Charente).* Note de Mlle **Germaine Henri-Martin**, présentée par M. Louis Fage.

Nous avons présenté l'industrie Tayacienne de Fontéchevade [1] et indiqué qu'elle était antérieure au Moustérien à tradition acheuléenne de la région

---

(1) Devillers, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1310-1312 et **230**, 1950, p. 471-472; *Ann. St. Centr. Hydrobiol. appl.*, **2**, 1948, p. 229-249.

(1) *Comptes rendus Inscriptions et Belles-Lettres*, 1949; *Bull. Société Préhistorique Française*, nos **9-10**, 1949.

dont nous avons retrouvé un horizon non remanié, immédiatement au-dessus du plancher stalagmitique. Jusqu'à présent, la limite inférieure n'est pas connue, le fond de la grotte n'ayant pas encore été atteint malgré un sondage qui descend à plus d'un mètre en-dessous du thalweg actuel du ruisseau. A ce jour, l'épaisseur de la couche du Paléolithique inférieur de Fontéchevade dépasse sept mètres.

Cependant, malgré l'absence de niveaux stériles intercalés, on constate un changement dans l'industrie qui, étant donné les caractères mixtes du Tayacien, jette une nouvelle lumière sur son origine.

A 2^{m} environ en profondeur, à partir de la surface de la couche Tayacienne, le sable argileux prend une teinte plus foncée et enrobe des rognons de silex arrachés aux parois et des fragments de calcaire à l'état pulvérulent dans la partie basse. En l'état actuel des déterminations, la faune ne semble pas montrer de variations fondamentales; notons cependant, que l'Ours devient subitement plus abondant sur une hauteur d'un mètre de couche, que l'on observe une plus grande fréquence du Daim et de la Tortue, et l'apparition d'un Castor de forte taille et d'une Perdrix méditerranéenne. Les traces de feu et d'habitat sont très nettes Dans l'industrie, on constate, à partir de ce niveau, un fait capital : la technique levalloisienne disparaît et l'élément clactonien subsiste seul. A mesure qu'il s'établit, les formes deviennent plus massives, la matière première n'est plus uniquement empruntée aux bancs de silex de la roche encaissante, mais les caractéristiques essentielles du Clactonien demeurent constantes. Il devient utile cependant de considérer cette industrie sous un nouvel et double aspect, c'est-à-dire non seulement comme une industrie à éclats mais comme relevant aussi du *chopping-tool tradition* à pseudo-bifaces.

Les nucléi de technique clactonienne sont de différents types à aspect grossier, taillés sur des fragments de nodules ou sur des nodules entiers, presque toujours avec réserve de cortex, et sinuosité du tranchant plus ou moins accentuée. Il devient pourtant évident qu'un grand nombre de ces pièces ne devaient pas être destinées à fournir des éclats, mais que leur épannelage de préparation avait pour but la fabrication de véritables outils, sortes de hachereaux, et la succession des bords libres des cuvettes a formé la partie active qui porte de multiples traces d'usage. Parfois, la percussion n'a intéressé qu'une face et l'on observe une suite de festons à rentrants anguleux, la plupart du temps très écrasés. Quand la pointe a été recherchée, il existe tous les types de transition, depuis le pic effilé jusqu'au burin polyédrique et le large biseau. Dans certains cas, une extrémité globuleuse a pu être arrondie en forme de masse par enlèvements centripètes, sur un nodule très allongé. A côté de cette importante catégorie, on retrouve les éclats de technique clactonienne; signalons que les grattoirs à coches concaves sont plus abondants s'apparentant à ceux trouvés à Clacton-on-Sea et que l'on

présume avoir été des outils à bois. L'industrie des galets de rivière et du quartz n'a pas changé de caractère et la présence en grande quantité de déchets de débitage témoigne toujours que Fontéchevade était un vaste atelier.

Le nombre des pièces recueillies dans ce nouvel horizon est de 2000 environ sur une épaisseur de plus de 2^m de couche.

Nous avons déjà dit que rien ne permet de supposer que l'apparition de la technique levalloisienne ne se soit pas produite sur place et ne corresponde pas à un perfectionnement spontané.

Il ressort donc des constatations précédentes que l'industrie de Fontéchevade, privée de l'élément Levalloisien, qui permettait de la rattacher au Tayacien, ne se différencie plus, au point de vue typologique, d'un Clactonien fruste; et le fait qu'on y trouve associés des outils massifs sur rognons autorise à considérer cet horizon du paléolithique inférieur de la grotte comme un nouveau jalon de la région atlantique.

ZOOLOGIE. — *Maturation génitale précoce, stolonisation et polycéphalie, par suppression de la région antérieure chez un Syllidien.* Note de M. **Maurice Durchon**, présentée par M. Louis Fage.

La reproduction de *Syllis amica* (Quatrefages) est indirecte : un mois environ avant la reproduction, la région contenant les produits sexuels se transforme en un stolon à soies pélagiques; à l'avant de ce stolon apparaît une tête différente de celle de la forme agame; puis le stolon se détache de la souche, emportant avec lui tous les produits génitaux. Les sexes sont séparés.

Pour préciser le déterminisme de la stolonisation, j'ai cherché à la reproduire expérimentalement en dehors de la période normale, qui en Manche, se situe en juillet et au début d'août. Me fondant sur les résultats de mes recherches précédentes sur les Néréidiens [1], j'ai voulu voir si une stolonisation précoce ne serait pas la conséquence d'une suppression expérimentale de la région antérieure du corps. A deux reprises (septembre 1948 et janvier 1949), j'ai récolté des individus immatures de *S. amica* et je les ai sectionnés en deux ou trois tronçons : les sections étaient faites à des niveaux variables, mais la limite postérieure du premier tronçon était toujours située en arrière de la zone œsophagienne.

Le tronçon antérieur régénère un pygidium, le tronçon médian, une tête de type agame et un pygidium précédé d'un nombre variable de sétigères néoformés, le tronçon postérieur une tête de type agame suivie d'un nombre variable de sétigères néoformés. Sur ce point mes résultats ne font que confirmer les travaux antérieurs (Okada).

Par contre, si l'on poursuit assez longtemps l'étude des tronçons isolés, on

---

[1] *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 157; **229**, 1949, p. 81-82.

constate divers faits qui n'avaient pas retenu l'attention des observateurs précédents.

Dans un délai moyen de trois mois après la section, on observe dans tous les tronçons *postérieurs* ou *médians* qui ont régénéré une tête :

1° une *maturation progressive des produits génitaux* des deux sexes qui envahissent rapidement le coelome (les témoins non sectionnés, élevés dans des conditions identiques, n'acquièrent leur maturité sexuelle qu'au moins trois mois plus tard);

2° une *stolonisation concomitante*. Celle-ci est souvent aberrante, comportant une *polycéphalie* : une tête stoloniale apparaît d'abord à la limite antérieure de la région contenant les produits sexuels (comme dans la stolonisation normale); par la suite, d'autres têtes stoloniales, parfois très nombreuses, apparaissent sur le stolon et sur la souche; tantôt elles sont symétriques (deux yeux, quatre cirres), tantôt asymétriques (un œil et deux cirres d'un seul côté).

La *fréquence* de la polycéphalie dépend de la grandeur relative du tronçon isolé, que j'exprimerai par le rapport s/S (s étant le nombre de sétigères du tronçon, S le nombre de sétigères de l'individu initial). La polycéphalie peut être *localisée*, soit à la région agame précédant immédiatement la tête stoloniale (que je désignerai par *a*), soit au stolon qui lui fait suite (que je désignerai par *st*), ou bien être commune aux deux régions. Le tableau suivant groupe quelques-uns de mes résultats :

Grandeur relative du tronçon s/S.	Nombre d'individus étudiés.	Stolonisation normale (%).	Polycéphalie (%) sur *a*.	sur *a* et *st*.	sur *st*.
$\geq 0,75$	14	43	14,2	14,2	28,6
De 0,7 à 0,4	14	21,5	0	57,3	21,7
$< 0,4$	20	25	0	65	10

1° c'est dans les tronçons (médians ou postérieurs) ne dépassant pas les 7/10 de la longueur totale de l'individu, que l'on observe la plus grande fréquence de polycéphalie relativement à la stolonisation normale;

2° dans ces tronçons, elle ne se localise jamais à la seule région agame (*a*) précédant la tête stoloniale; elle s'observe le plus souvent sur tout le tronçon ($a + st$), moins souvent sur le stolon seul (*st*).

Une Note toute récente de M. Abeloos ([2]) parue ici-même indique la stolonisation expérimentale d'une espèce voisine *S. prolifera* par suppression de la région antérieure du corps. Mes résultats confirment les siens sur ce point. Cependant, mes expériences, effectuées en dehors de la période normale de reproduction, mettent en évidence l'action inhibitrice de la région antérieure sur la maturation des produits sexuels. Les phénomènes de polycéphalie font l'objet de recherches en cours.

([2]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1889.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le rôle organisateur du cerveau dans la régénération des yeux chez une Planaire d'eau douce.* Note de MM. **Étienne Wolff** et **Théodore Lender**, présentée par M. Maurice Caullery.

On peut se demander si les étapes si régulières de la régénération des planaires d'eau douce ne sont pas commandées par des processus d'induction échelonnés. Un phénomène d'induction a été mis en évidence par Santos (1929) ([1]) en ce qui concerne l'induction d'un pharynx par une tête greffée dans la région postérieure du corps. Toutefois aucune action organisatrice n'a encore été démontrée dans la régénération normale des planaires.

Nous nous sommes demandé s'il n'y a pas une relation entre la régénération des yeux et celle du cerveau. Nous avons fait appel à la planaire *Polycelis nigra* (Ehrenberg), qui a l'avantage de présenter une frange d'yeux très nombreux, antérieurs et latéraux, s'étendant jusqu'à la limite du premier tiers du corps et qui sont par conséquent éloignés du cerveau. Cette disposition permet d'enlever la masse cérébroïde sans léser les yeux et réciproquement.

Nos résultats ont été tirés d'expériences d'excision, d'irradiation et de greffes. Dans la plupart des séries expérimentales, le groupe des 10 yeux latéro-postérieurs les plus éloignés du cerveau, ont été excisés et ont servi de test. Le critère de la régénération des yeux a été l'apparition des cupules pigmentaires.

1. A la température de 18°, le délai de régénération des yeux excisés est de 7 jours. Ce résultat est valable pour les yeux antérieurs comme pour les yeux latéraux.

Si l'on enlève le cerveau en même temps qu'un groupe d'yeux et si l'on empêche la régénération du cerveau par des excisions régulières, les yeux ne sont pas régénérés, tant que le cerveau est absent ou qu'une quantité minima de cerveau n'est pas reconstituée. Après des excisions répétées pendant 15 jours, les ocelles n'ont réapparu qu'au bout de 22 jours ([2]). Chez toutes les planaires fixées avant la régénération des yeux, le cerveau n'était pas régénéré. Toutes les planaires qui en fin d'expérience avaient régénéré des yeux, avaient aussi reconstitué leur cerveau.

L'ablation du cerveau 4 à 6 jours après l'excision des yeux n'empêche pas l'apparition d'une ou deux cupules, mais arrête la régénération des suivantes.

([1]) *Biolog. Bull.* (*Woods Hole*), 57, p. 188-198, 31 figures.

([2]) Pour les résultats numériques de cette série expérimentale, *voir* E. Wolff et Th. Lender, *C. R. Soc. Biol.* (Strasbourg), séance du 20 mai 1950.

2. Pour établir la nature de la relation entre le cerveau et les cupules pigmentaires, nous avons irradié aux rayons X la région du cerveau, de manière à détruire toutes les cellules de régénération dans cette zone. Ainsi l'on écarte l'hypothèse d'une migration possible de cellules du cerveau vers les ocelles. Un groupe d'yeux latéro-postérieurs situés dans la région non irradiée *sont régénérés au bout du délai normal*, c'est-à-dire 7 jours (²).

Au contraire, un groupe d'yeux antérieurs, situés dans la région irradiée, ne régénèrent qu'après un délai de 13 à 30 jours, qui correspond au temps nécessaire aux néoblastes venant de la région saine pour traverser la zone irradiée.

La preuve est donc faite que les cellules de régénération des cupules pigmentaires ne proviennent pas du cerveau, et que celui-ci agit à la manière d'un organisateur.

3. Ces résultats sont confirmés par des expériences de greffes. On découpe la partie postérieure du bord ocellé d'une planaire et on la greffe du côté dorsal d'un autre sujet au voisinage et un peu en arrière du cerveau. Puis on excise avec précaution quelques-unes des ocelles. La régénération des yeux a commencé 7 jours après l'opération chez 7 sujets sur 7 mis en expérience.

Si, au contraire, on greffe le bord ocellé en arrière du pharynx, au niveau de l'orifice génital, l'excision des yeux n'est pas suivie de régénération. L'expérience se poursuit depuis 18 jours, sur 7 sujets qui n'ont encore montré aucune régénération des ocelles excisées. L'action organisatrice du cerveau ne se fait plus sentir à une aussi grande distance.

Nous pensons donc apporter la démonstration que la première phase de la régénération des yeux, la différenciation des cupules pigmentaires, est déterminée par une action inductive du cerveau qui s'exerce à une distance limitée sur un tissu récepteur, la marge latérale du corps.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Mise en évidence dans le sérum des Mammifères d'un accélérateur de la conversion de la prothrombine des Oiseaux*. Note de M. **Méjer Burstein**, présentée par M. Léon Binet.

D'après les travaux récents, le sérum des Mammifères contient un facteur particulier, différent de la thrombine, qui joue dans l'activation de la prothrombine des Mammifères [Facteur VI d'Ovren (¹), Ac-globuline sérique de Ware et Seegers (²)]. De Vries, Alexandre et Goldstein (³) ont montré

(¹) *Acta Med. Scand., Supp.*, **194**, 1947.

(²) *Amer. J. Phys.*, **152**, 1948, p. 567.

(³) *Blood*, **4**, 1949, p. 247, 739 et 747.

que le sérum des Mammifères accélère la conversion de la prothrombine humaine. En effet, le sérum raccourcit le temps de coagulation du plasma oxalaté dilué, récalcifié en présence d'un excès de thromboplastine (temps de prothrombine).

Il résulte de nos expériences, que le sérum des Mammifères accélère également la conversion de la prothrombine des oiseaux en présence d'une thromboplastine de Mammifères.

Il est connu que la thromboplastine homologue est plus active que la thromboplastine hétérologue. Ainsi, le temps de prothrombine en présence d'extrait de cerveau de Lapin est de 13 secondes pour l'Homme, de 6 secondes pour le Lapin, de 60 à 70 secondes pour l'Oie et la Poule. En présence d'extrait de cerveau d'Oiseaux les chiffres respectifs sont : 50 à 60, 25 à 30 et 9 secondes.

Or, nous avons constaté que le sérum des Mammifères (Homme, Lapin), dépourvu de toute trace de thrombine, raccourcit considérablement le temps de prothrombine du plasma d'Oiseau en présence d'extrait de cerveau de Lapin. Le sérum utilisé séparé après centrifugation, a été laissé 5 heures à la température de la chambre. Un tel sérum contient encore une certaine quantité de prothrombine. Son temps de prothrombine, déterminé d'après la méthode de Quick [4] ($0^{cm^3},1$ plasma déprothrombiné + $0^{cm^3},1$ thromboplastine + $0^{cm^3},1$ Cl_2Ca + $0^{cm^3},1$ sérum) est de 25 à 50 secondes. Nous n'avons utilisé que des sérums dont le temps de coagulation était au-dessus de 40 secondes. Enfin, en ajoutant au sérum une certaine quantité de thromboplastine que l'on laisse agir quelques heures, nous avons pu préparer des sérums entièrement exempts de prothrombine.

L'expérience consiste à comparer le temps de prothrombine du plasma d'Oiseau (Oie Poule), citraté à 4 ‰, en absence et en présence du sérum (Homme, Lapin).

En absence du sérum ($0^{cm^3},1$ plasma + $0^{cm^3},1$ thromboplastine lapin + $0^{cm^3},1$ Cl_2Ca 0,025 N à 37°), le temps de prothrombine est de 60 à 70 secondes.

En présence du sérum ($0^{cm^3},1$ plasma + $0^{cm^3},1$ thromboplastine + $0^{cm^3},2$ du mélange à parties égales du sérum et de la solution de calcium), le temps de coagulation est de 15 ou 22 secondes, suivant que l'on utilise le sérum de Lapin ou le sérum humain. Même un sérum dilué 25 à 50 fois dans du sérum salé est encore très actif.

Voici une expérience à titre d'exemple :

---

(4) A. J. Quick et J. E. Favre Gilly, *Blood*, 4, 1949, p. 1281.

1. 0^{cm^3},1 plasma Oie + 0^{cm^3},1 thromboplastine
+ 0^{cm^3},1 Cl_2Ca 0,025 N .... 70 secondes

2. 0^{cm^3},1 plasma Oie + 0^{cm^3},1 thromboplastine
+ 0^{cm^3},2 mélange 1/1 sérum humain + calcium.......... 20 secondes

3. 0^{cm^3},1 plasma Oie + 0^{cm^3},1 thromboplastine
+ 0^{cm^3},2 mélange 1/1 sérum Lapin + calcium.......... 14 secondes

4. 0^{cm^3},1 plasma Oie + 0^{cm^3},1 thromboplastine
+ 0^{cm^3},2 mélange 1/1 sérum Lapin 1/10 + calcium.......... 19 secondes

5. 0^{cm^3},1 plasma Oie + 0^{cm^3},1 thromboplastine
+ 0^{cm^3},2 mélange 1/1 sérum Lapin 1/25 + calcium.......... 24 secondes

6. 0^{cm^3},1 plasma Oie + 0^{cm^3},1 thromboplastine
+ 0^{cm^3},2 mélange 1/1 sérum Lapin 1/50 + calcium.......... 30 secondes

Le raccourcissement observé est bien dû à un facteur sérique, formé au cours de la coagulation, et non pas à un facteur préexistant dans le plasma des Mammifères. Nous avons montré antérieurement ([5]) que le plasma déprothrombiné par adsorption, ainsi que le plasma dicoumarolé, n'accélèrent pas la coagulation du plasma d'oiseau en présence d'une thromboplastine hétérologue.

Il s'agit donc de l'apparition dans le sérum des Mammifères d'un accélérateur de la conversion de la prothrombine des Oiseaux.

Or, l'expérience nous a montré que l'accélérateur sérique ne raccourcit pas le temps de prothrombine du plasma du Lapin en présence de thromboplastine d'Oiseau et ne raccourcit que légèrement le temps de prothrombine du plasma humain. Autrement dit, le sérum des Mammifères contient un facteur qui accélère la conversion de la prothrombine des Oiseaux en présence de la thromboplastine de Mammifères, mais qui n'accélère pas la conversion de la prothrombine des Mammifères en présence de la thromboplastine d'Oiseau. Le facteur qui existe dans le sérum des Mammifères n'agit ainsi qu'en présence de la thromboplastine des Mammifères. La spécificité de la prothrombine ([5]) ne semble pas intervenir. Seule la spécificité de la thromboplastine joue.

([5]) *Revue d'Hématologie*, 5, 1950, p. 180.

PHARMACODYNAMIE. — *Action de l'iodure de tétraméthylammonium et des iodures d'hydroxyphényltriméthylammonium sur la transmission neuro-musculaire.* Note de M[lle] **France Depierre** et M. **Albert Funke** présentée par M. Jacques Tréfouël.

On sait que les substances décurarisantes telles que la Prostigmine, le diiodométhylate de *bis*(*p*-diméthylaminophénoxy)-1-3 propane et le sulfométhylate d'acétoxy-3 phényltriméthylammonium sont capables d'abolir l'excitabilité indirecte du muscle strié (1)(2) (action curariforme).

Nous avons essayé en simplifiant la molécule de dissocier les propriétés curariformes de ces substances de leurs propriétés décurarisantes. Ces corps possèdent en commun une fonction phénolique (bloquée) et le groupement $(CH_3)_3 \equiv \overset{+}{N}$—. Or, on connaît les propriétés décurarisantes des phénols (3) et le pouvoir curarisant du groupement $(CH_3)_3 \equiv \overset{+}{N}$—(4); pour cette raison, nous avons repris l'étude du phénol et de l'iodure de tétraméthylammonium, et nous avons ensuite recherché les conséquences de l'association de ces fonctions. Nous résumons nos résultats dans le tableau suivant.

Tableau.

	Chat.		Lapin.		Chien.		
	D. C.	D. A. C.	D. H. D.	D. T.	Hypotension muscarinique.	Hypertension nicotinique.	Dose potentialisant l'effet hypotenseur muscarinique de l'acétylcholine.
$(CH_3)_4NI$	1–2	5–10	3	5	++	++	–
$C_6H_5N(CH_3)_3I$	1	5–10	1,5	3	++	++	20
C_6H_5OH	–	10–20	–	>50	–	–	–
$OHC_6H_4N(CH_3)_3$ 1-ortho.	>20	30	50	>50	±	—	–
» meta..	8	1	6	8	++	+	0,5–1
» para..	0,5	2 (action fugace)	0,7	2	+	+	0,5–1

Chat. — Le sciatique est excité à l'aide du stimulateur de Lapicque, à un rythme de six excitations par minute. Les contractions du gastrocnémien sont enregistrées avec un levier isométrique.

(1) A. Funke et F. Depierre, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 245.

(2) W. C. Wescoe, W. F. Riker et M. I. Brothers, *J. Pharmacol*, 97, 1949, p. 190-208.

(3) C. J. Rothberger, *Pflügers Arch.*, 1902, p. 398.

(4) R. Boehm, *Arch. Pathol.*, 63, 1910, p. 177.

D. C. = dose provoquant une diminution de 50 à 100 % de la hauteur initiale des contractions. D. A. C. = dose nécessaire pour rétablir la transmission sciatique-gastrocnémien interrompue par l'injection de deux doses curarisantes de tri-(*b*-triéthylammoniuméthoxy)-1.2.3 benzène (Flaxedil) ([5]).

Lapin. — D. H. D. = dose minimum curarisante provoquant la chute de la tête sur le sol. D. T. = dose 100 % mortelle.

Les doses sont exprimées en mg/kg.

A notre étonnement, l'iodure de tétraméthylammonium s'est révélé un décurarisant d'activité faible mais au moins égale à celle du phénol. Il a déjà été signalé que le remplacement d'un méthyle par un noyau benzénique ne modifie guère l'activité curarisante de la molécule ([6]), ([7]); nous avons pu mettre en évidence sur le Chat qu'il en est de même pour les propriétés décurarisantes. Dans le cas de ces deux corps, ces propriétés sont liées à des manifestations cholinergiques, muscariniques et nicotiniques intenses ([8]). L'introduction d'une fonction phénolique entraîne des changements profonds et les résultats obtenus sont très différents suivant la position qu'occupe cette fonction par rapport à l'ammonium quaternaire. En effet, avec le dérivé ortho, les activités curariforme, décurarisante et cholinergique sont à peu près supprimées. Au contraire, les dérivés *meta* et *para* se montrent très actifs, l'un par son pouvoir décurarisant, l'autre par son pouvoir curariforme : le premier se révèle aussi efficace que l'ester acétylé correspondant, le second manifeste une action curariforme à des doses voisines de celles du Flaxedil. Les manifestations cholinergiques de ces 2 corps, moins accentuées que celles de l'iodure de tétraméthylammonium, sont encore marquées. On constate que le *m*-hydroxyphényl-triméthylammonium et le dérivé *para* potentialisent l'effet hypotenseur muscarinique de l'acétylcholine, phénomène vraisemblablement lié à des propriétés anticholinestérasiques.

Il résulte de ce travail que le groupement $(CH_3)_3\equiv\overset{+}{N}-$ auquel peuvent être attribuées les propriétés curariformes de la Prostigmine, est doué aussi de propriétés décurarisantes que l'on retrouve dans le phényltriméthylammonium. En introduisant une fonction phénolique, nous observons non seulement une atténuation ou une suppression presque complète des effets cardio-vasculaires, mais nous assistons également à une exaltation, soit des propriétés décurarisantes, soit des propriétés curarisantes, suivant la position *meta* ou *para* que cette fonction occupe par rapport au groupement ammonium quaternaire.

([5]) D. Bovet, F. Depierre et Y. de Lestrange, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 74.

([6]) F. Külz, *Arch. Pathol.*, 102, 1924, p. 282.

([7]) H. R. Ing et W. M. Wright, *Proc. Roy. Soc. London*, B 109, 1931, p. 337.

([8]) R. Hunt, *J. Pharmacol.*, 28, 1926, p. 367.

A 16^{h}5^{m}, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Économie rurale, par l'organe de M. **Lapicque**, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Richard Fosse :*

En première ligne .... M. **André Mayer.**

En seconde ligne, ex æquo, *par ordre alphabétique*.... MM. **Émile Brumpt.**
René Dujarric de La Rivière.
René Fabre.
Maurice Lemoigne.
Constantin Levaditi.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

La séance est levée à 18^{h}.

L. B.